

FACULTÉ DE DROIT DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

L'INDUSTRIE HYDRO-ÉLECTRIQUE EN FRANCE.

THÈSE pour le DOCTORAT

Es-Sciences Politiques et Économiques

Présentée et soutenue le Samedi 25-Novembre 1922, à 4 h. 1/2.

par

JACQUES CHOPIN DE LA BRUYÈRE

Président : H. TRUCHY, Professeur

Suffragants : { *MM. PERREAU, Professeur*
PERCEROU, Professeur

PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE DROIT ET DE JURISPRUDENCE

*Ancienne Librairie Chevalier-Marescq et C^e et ancienne Librairie F. Pichon réunies
F. Pichon et Durand-Auzias, Administrateurs*

LIBRAIRIE DU CONSEIL D'ÉTAT ET DE LA SOCIÉTÉ DE LÉGISLATION COMPARÉE
20. Rue Soufflot, (5 arr.)

— 1922 —

La Faculté n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

L'Industrie Hydro-Électrique
en France

FACULTÉ DE DROIT DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

L'INDUSTRIE HYDRO-ÉLECTRIQUE EN FRANCE.

THÈSE pour le DOCTORAT

Es-Sciences Politiques et Économiques

Présentée et soutenue le Samedi 25 Novembre 1922, à 4 h. 1/2.

par

JACQUES CHOPIN DE LA BRUYÈRE



Président : H. TRUCHY, Professeur

Suffragants : { MM. PERREAU, *Professeur*
PERCEROU, *Professeur*

PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE DROIT ET DE JURISPRUDENCE

*Ancienne Librairie Chevalier-Marescq et C^{ie} et ancienne Librairie F. Pichon réunies
F. Pichon et Durand-Auzias, Administrateurs*

LIBRAIRIE DU CONSEIL D'ÉTAT ET DE LA SOCIÉTÉ DE LÉGISLATION COMPARÉE
20. Rue Soufflot, (5 arr.)

— 1922 —

L'INDUSTRIE HYDRO-ÉLECTRIQUE EN FRANCE

AVANT-PROPOS

Qu'est-ce que l'Industrie hydro-électrique ?

Dans le présent travail, nous nous proposons d'étudier le développement progressif et l'avenir probable de l'industrie hydro-électrique en France.

La première question à laquelle nous devons répondre peut se résumer de la manière suivante :

De quoi s'agit-il ?

L'industrie hydro-électrique est l'industrie qui permet de transformer l'énergie contenue dans l'eau d'une rivière ou d'un torrent en énergie électrique.

Dans ce but, l'énergie contenue dans l'eau est d'abord transformée en énergie mécanique qui elle-même donnera naissance à de l'énergie électrique.

Sans vouloir entrer dans aucun détail technique, nous étudierons successivement et très brièvement les différents éléments qui constituent l'industrie hydro-électrique, à savoir :

L'aménagement de la chute ;

La station proprement dite ;

Le transport de force.

1° *Aménagement de la chute.* — Les chutes d'eau peuvent se diviser en deux catégories :

a) Les chutes de plaine, à grand débit et de faible hauteur ;

b) Les chutes de montagne, de grande hauteur et le plus souvent à faible débit.

a) Chutes de plaine. — Généralement les chutes de plaine sont créées sur un canal latéral au cours de la rivière. Ce canal, creusé entre deux points situés à des distances variables du cours du fleuve, permet d'utiliser à un endroit déterminé la différence de niveau existant entre les deux extrémités du canal.

Certaines rivières permettent, par leur situation, de créer une chute importante par un barrage dressé dans le lit lui-même, mais cette manière d'opérer présente de nombreux inconvénients, dont le principal est d'entraver la navigation.

Nous n'étudierons pas les différents barrages actuellement utilisés ; nous nous bornerons à mentionner les principaux d'entre eux : les barrages-réservoirs, les barrages-usines, les barrages en voûte, les barrages mobiles, etc.

b) Chutes de montagne. — Il n'est pas possible d'utiliser une chute de montagne telle que la nature l'a créée ; l'eau tombant d'une hauteur souvent considérable s'éparpille et répartit sa force sur une surface beaucoup trop étendue pour pouvoir être captée dans de bonnes conditions. Aussi, pour parer à cet inconvénient, a-t-on été amené à canaliser les chutes de montagne au moyen d'un tuyautage, qui a pris le nom de conduite forcée.

Les conduites forcées étaient à l'origine construites en tôles d'acier. Mais la pression à laquelle les parois du tuyautage sont soumises a conduit les ingénieurs à recher-

cher un autre procédé et aujourd'hui les conduites sont pour la plupart construites en ciment armé et on a un voir dans l'*Illustration* la photographie d'une automobile circulant aisément à l'intérieur du tube.

2° *Station hydro-électrique.* — Voici donc la chute aménagée et l'eau amenée à pied d'œuvre. Nous allons voir maintenant comment il est possible de transformer l'énergie contenue dans l'eau en énergie électrique.

Deux phases se produisent :

D'abord, la transformation de l'énergie contenue dans l'eau en énergie mécanique, au moyen de la turbine;

Puis, la transformation de l'énergie mécanique ainsi obtenue en énergie électrique, au moyen de la dynamo.

Nous étudierons donc successivement les turbines, puis les dynamos.

a) Turbines. — Les turbines sont des machines destinées à capter la puissance d'une chute et à la rendre disponible sur un arbre moteur. On peut les définir également comme « des machines transformant l'énergie potentielle ou cinétique de l'eau en mouvement de rotation ».

Elles comprennent essentiellement deux parties :

Une roue mobile clavetée sur l'arbre moteur;

Une couronne fixe, nommée distributeur, intérieure, extérieure ou superposée à la roue mobile.

La turbine est placée dans une chambre en maçonnerie reliée soit au canal d'amenée (chutes de plaine), soit à la conduite forcée (chutes de montagne) et présentant un canal de fuite pour l'écoulement des eaux.

Le distributeur porte des aubes directrices destinées à amener l'eau dans la direction la plus favorable, sur les aubes de la roue mobile.

En résumé, l'eau entrant dans la chambre des turbines, pénètre dans le distributeur, actionne la roue mobile qui entraîne l'arbre moteur.

L'énergie contenue dans l'eau est ainsi transformée en énergie mécanique.

Le rendement des turbines modernes est excellent, et certaines d'entre elles atteignent le chiffre de 85 0/0.

b) *Dynamos.* — La transformation de l'énergie mécanique ainsi obtenue en énergie électrique, se fait au moyen de machines dont le type classique est la dynamo.

La dynamo est une application immédiate des lois fondamentales de l'induction.

La dynamo élémentaire est constituée par un fil conducteur se déplaçant devant un aimant.

Un seul fil donnerait une machine bien faible; on en met plusieurs, on fait des aimants puissants; on loge ces fils sur des cylindres (bobines) et on les fait tourner très rapidement devant les aimants (inducteurs); on peut également laisser fixes les fils et faire tourner les aimants devant eux.

La partie mobile de l'appareil est clavetée sur le même arbre moteur que la turbine et l'on obtient ainsi par la force de l'eau, un courant électrique utilisable aux bornes de la dynamo.

Nous indiquerons simplement qu'il existe des dynamos donnant naissance à des courants de différentes natures : dynamos à courant continu; dynamos à courant alternatif, qui prennent le nom d'*alternateurs*.

3° *Transport de force.* — Voici l'usine hydro-électrique en mesure de fournir du courant électrique à la clientèle. Cette clientèle peut-être assez éloignée du lieu de produc-

tion, et il faut lui faire parvenir la force dans les meilleures conditions possibles.

L'expérience a prouvé que les pertes sont moins élevées lorsque la tension du courant parcourant les lignes de transport est plus forte.

Les dynamos ne donnant qu'un courant de relativement faible voltage, la ligne de transmission comportera un poste de transformation à chacune de ses extrémités : poste élévateur du côté de l'usine ; poste abaisseur, du côté de la distribution.

Le premier élève la tension des génératrices de l'usine à la tension choisie pour le transport, et le second abaisse cette dernière à la tension moyenne choisie pour la grande distribution, c'est-à-dire pour l'alimentation des abonnés haute tension, et des postes de transformation secondaires fournissent aux petits abonnés le courant à 110 ou à 220 volts.

Le fonctionnement d'une usine hydro-électrique ne demande qu'une main-d'œuvre insignifiante, mais de très sérieuses mesures doivent être prises en vue de la sécurité du personnel.

L'INDUSTRIE HYDRO-ÉLECTRIQUE EN FRANCE

INTRODUCTION

C'est M. de Cavour qui employa le premier le terme de houille blanche et l'appliqua aux glaciers des Alpes; mais dans l'esprit de l'éminent homme d'Etat, comme dans celui de ses contemporains, ce terme ne signifiait encore rien de précis, ni de pratiquement réalisé; ce n'était qu'un mot, hardi et inattendu, qui exprimait confusément une vision d'avenir.

Entre l'invention du mot et la réalisation de l'idée, un demi-siècle s'écoule et ce n'est qu'en 1907 qu'apparaît la définition complète de la houille blanche : « C'est l'énergie de l'eau courante transformée par l'électricité, et réalisant divers travaux faits jusqu'ici par la houille noire (1). »

Ainsi définie la houille blanche devient un des facteurs les plus importants de l'industrie moderne, et présente pour la France, en particulier, un intérêt pratique et national.

Pratique, car c'est une force inépuisable, « la nature dans son labeur jamais interrompu, renouvelant sans cesse la neige et les glaciers des montagnes »; c'est aussi la suppression des dangers et des difficultés résultant de l'extraction du minerai ou de l'appauvrissement des mines.

(1) Commandant Audebrand.

National, car la production de la houille noire en France ne suffit pas aux besoins de notre industrie, qui avant la guerre était tributaire de l'étranger pour une vingtaine de millions de tonnes de houille et l'intérêt évident du pays est d'alléger autant que possible cette lourde charge.

C'est dans cette double pensée — pratique et national — qu'il paraît intéressant d'étudier le développement de l'industrie hydro-électrique en France et les progrès réalisés.

CHAPITRE PREMIER

Historique

La puissance que constitue l'eau courante a, de tout temps, été connue et utilisée par les hommes ; pendant des siècles, les procédés d'emploi ont été aussi rudimentaires qu'immuables et on ne discerne aucune différence essentielle entre les roues à augets ou à aubes, contemporaines de M. de Cavour et les appareils que la tradition poétique place, au temps des Croisés, sur les rives de l'Oronte.

Il était réservé à notre époque de voir d'abord la transformation progressive de ces procédés séculaires et d'assister ensuite à la véritable révolution que devait entraîner l'emploi pratique de l'électricité.

Dans un but d'utilité immédiate et locale, on commença à perfectionner ce qui existait et le résultat fut l'invention et l'amélioration des turbines qui actuellement ne rappellent que de loin les anciennes roues hydrauliques.

En 1840, c'est l'ingénieur Fourneyron, dont l'exemple fut bientôt suivi par Girard, qui tente d'actionner ces turbines rudimentaires au moyen de l'eau captée sur de petites rivières. En 1867, c'est un papetier de l'Isère, M. Frédet, qui réussit à Brignoud, à précipiter d'une hauteur de 260 mètres les eaux d'un ruisseau sur les turbines de son usine. Plus hardi encore, c'est en 1869, M. Bergès, autre papetier

de l'Isère, qui, au moyen d'une conduite métallique, utilise une chute d'eau de 200 mètres pour actionner ses turbines d'un modèle amélioré.

Et ainsi, d'année en année, les recherches et les tentatives deviennent plus ambitieuses pour l'importance de la force utilisée et plus minutieuses dans le perfectionnement de l'outillage.

Le résultat de tous ces essais et tous ces travaux fut la mise au point des turbines modernes.

Si intéressants qu'ils fussent, les progrès de l'outillage n'auraient pu entraîner des conséquences très considérables, si la force issue des torrents était restée *uniquement et directement* appliquée aux turbines. Mais, si la puissance de la houille blanche était appliquée aux appareils qui transforment l'énergie mécanique en énergie électrique, c'est-à-dire aux dynamos, alors l'horizon s'élargissait et l'emploi devenait aussi varié qu'important.

Que ne pouvait-on attendre, en effet, des courants, soit continus produits par les dynamos, soit alternatifs produits par les alternateurs, correspondants à des besoins divers.

C'était déjà un progrès décisif de l'emploi de la houille blanche.

On ne s'en tint pas là.

L'énergie ainsi produite ne pouvait être utilisée que sur place. On voulut faire mieux et la transporter à distance.

En 1873, à l'aide de deux machines Gramme, Fontaine fit à l'exposition de Vienne la première application industrielle du transport de force électrique sur une distance de 2 kilomètres. En 1881, Desprez fit, à Munich, des expériences qui lui permirent de transporter de Misbach à Munich, soit à 47 kilomètres de distance, une force d'un demi-cheval. En 1883, il fit parvenir une force de 7 chevaux de

Vizille à Grenoble (14 km.), avec un rendement de 62 0 0.

En 1890, eut lieu le premier transport d'énergie avec distribution à intensité constante et, en 1893, le premier transport de courant triphasé.

Depuis cette époque, des progrès ont, sans cesse, été apportés à l'industrie hydro-électrique et plus particulièrement à l'industrie du transport; la première grande ligne de transport de force est établie en 1907, par la Compagnie Force et Lumière; elle reliait Moutiers à Lyon et transportait à 180 kilomètres de distance une force de 40.000 kilowatts sous une tension de 55.000 volts.

Dès lors, le grand problème était résolu et un champ nouveau était ouvert à l'activité humaine; ce n'était plus seulement dans les ravins dépeuplés et presque inabornables de la haute montagne que l'eau des torrents était utilisée; son action bienfaisante était transportée au loin dans les plaines peuplées et d'accès facile. Il y avait là de quoi tenter les initiatives, susciter les efforts, provoquer les énergies.

Initiatives, efforts, énergies se sont offerts immédiatement, et en vingt ans ont accompli une œuvre immense, dont nous étudierons sommairement la réalisation progressive.

Avant la guerre. — Les expériences de Bergès, de Frédet et de Desprez (1860-1880) avaient très vivement intéressé le monde industriel, et de nombreux usiniers cherchèrent un développement de leurs affaires par l'application locale des progrès réalisés. Et c'est ainsi que la puissance aménagée, qui, en 1899, atteignait le nombre de 115.000 chevaux, dépassa, en 1902, celui de 200.000.

De tels efforts ne pouvaient rester isolés; dès 1902, ils

se groupèrent et un congrès fut réuni à Grenoble, où d'importantes résolutions furent prises. Une campagne immédiate de propagande fut décidée; décision opportune et enthousiaste, mais un peu hâtive, car les moyens d'exécution manquaient et cette campagne de propagande, menée avec ardeur et conviction, mais sans méthode réfléchie et sans plan d'ensemble, ne donna pas tous les résultats qu'on était en droit d'en attendre. Il serait toutefois injuste d'en méconnaître l'utilité; les chiffres sont éloquentes: entre 1906 et 1914, la puissance aménagée en France a passé du simple au double.

Il est à remarquer que ce développement était presque entièrement accompli dans une seule région, celle du Sud-Est; dans les Pyrénées et le Massif Central quelques timides efforts étaient tentés; dans le reste du territoire, on restait indifférent.

Pendant la guerre. — La guerre vint, et, brutalement, tout fut arrêté. Faute d'ouvriers, devenus soldats, les chantiers furent fermés; on se réservait de les rouvrir à la fin de cette guerre, dont la durée ne devait pas dépasser quelques mois. Mais le temps passait; le front se stabilisait; les offensives n'amenaient aucune décision; ce n'était pas dans une fulgurante et rapide galopade que le pays enlèverait la victoire; c'était par un effort lent, puissant, scientifiquement soutenu qu'il l'atteindrait. Dès le mois d'août 1915, de grands besoins de force motrice étaient reconnus, non seulement pour les distributions d'énergie, mais surtout pour les industries électro-métallurgiques et électro-chimiques. Et résolument, Gouvernement et industriels se mirent à l'œuvre dans un magnifique effort dont nous devons être justement fiers.

Les difficultés étaient considérables et de tous ordres : rareté de la main-d'œuvre, insuffisance de matériel, timidité des capitaux, difficultés d'ordre législatif.

a) Main-d'œuvre. — Le recrutement de la main-d'œuvre était particulièrement difficile ; d'abord parce que la mobilisation avait appelé au front la majeure partie des ouvriers, et ensuite du fait que les travaux de barrages ne peuvent être exécutés en montagne qu'à certaines époques précises et courtes. C'est au moment des étiages que le personnel devait être réuni sur les chantiers, personnel aussi nombreux que possible pour obtenir le résultat maximum dans le minimum de temps.

Le ministre de l'Armement et des Fabrications de Guerre apporta à cette question l'attention la plus vigilante, et le Gouvernement retirant des armées le personnel qui n'y était pas strictement indispensable, s'efforça de satisfaire aux demandes des industriels.

b) De nombreuses et nouvelles usines purent ainsi être créées ; mais elles manquaient de tout et, pour leur bonne utilisation, un matériel complet et, en premier lieu, des turbines, était indispensables. Or, la France ne possédait, avant la guerre, que peu d'établissements spécialisés dans la fabrication des turbines, et, à ce moment de grande crise, ces établissements étaient ou fermés par manque de personnel, ou employés à des constructions différentes. Avec une juste conception des nécessités, le Gouvernement s'efforça d'aider les industriels à remettre en marche leurs usines arrêtées et à en rendre d'autres à leur destination primitive. Nos forges fournirent aussi un vigoureux effort pour construire les conduites forcées, qui conduisent l'eau des lacs ou des chutes aux auges des turbines.

Mais, quoi que fissent l'Etat et les particuliers — et ils

firent beaucoup — la demande était plus forte que la fabrication; il fallut faire appel à l'étranger et y chercher le matériel, et en particulier les turbines qui nous manquaient.

c) Des difficultés financières venaient encore aggraver les difficultés de production. Des capitaux considérables étaient immédiatement nécessaires, car l'exploitation de la houille blanche ne peut être progressive; elle exige l'engagement immédiat de la totalité des capitaux nécessaires à une installation complète. C'est dès le début que le barrage doit être construit, le canal creusé, que l'usine doit recevoir la totalité de son outillage, enfin que les lignes de transport doivent être installées pour amener dans les centres de distribution l'énergie qui sera produite.

Or, les capitaux, rendus timides par l'incertitude du lendemain et l'énorme majoration des prix, étaient d'un recrutement difficile. Pour conjurer la crise imminente, l'Etat mit des ressources au service des industriels et le ministre de l'Armement fit des avances remboursables en dix ans, qui rendirent des services considérables.

d) Donner une aide matérielle aux industriels était bien; leur assurer un encouragement officiel éclatant était mieux encore.

C'est ce que le Gouvernement, soutenu par le Parlement, n'hésita pas à faire.

Aucune législation n'existait pour réglementer l'industrie hydro-électrique; les industriels qui désiraient établir leur usine sur un cours d'eau non classé, rencontraient du fait des propriétaires riverains, des obstacles nombreux. Ces « barreaux de chutes » exigeaient pour la vente de leurs terres des sommes disproportionnées avec la valeur des champs, ou bien refusaient de laisser établir sur leur do-

maine les servitudes indispensables à la marche de l'entreprise.

C'est pour combattre ces prétentions exagérées des propriétaires que le Gouvernement aida les industriels par la réquisition. Mais pour que l'application de cette mesure ne soit ni trop brutale, ni trop aventurée, le Gouvernement exigeait que tous les moyens de conciliation fussent, au préalable, épuisés et qu'en cas de difficultés, après la guerre, les industriels se substituassent à l'Etat.

Ce très rapide exposé suffit à montrer combien furent multiples et graves, les difficultés auxquelles il fallut faire face, mais aussi combien furent vigoureux et unanimes les efforts consentis pour les dominer et assurer la Défense Nationale. De ces efforts, le pays peut être justement fier, car il en résulte une activité féconde. « De quelque côté qu'on tourne le regard, s'offre le spectacle d'une intense activité matérielle, et celui, bien plus admirable encore, des efforts coordonnés, des dévouements soutenus sans défaillance et de cette union dans le travail, qui fait la force et assure la victoire. »

M. le Commandant Cahen, dans une conférence faite au Congrès du Génie civil, alors qu'il était directeur des Forces motrices au Ministère de l'Armement, donne une idée précise des résultats obtenus (1).

Bien que les résultats définitifs n'aient pas tout à fait répondu aux prévisions, ils ne sont pas négligeables. Des efforts vigoureux furent faits, et l'on n'eut pas à déplorer cette inertie, qui frappa certaines autres industries. M. l'Inspecteur Général de la Brosse caractérisait de la manière suivante l'effort accompli : « L'épreuve imposée au

(1) Voir Chapitre troisième.

pays loin de décourager les initiatives, en suscita de nouvelles; elle développa certaines entreprises que la paix n'avait pas réussi à faire éclore. Quelque étonnement que puisse causer cette affirmation, il est parfaitement exact de dire que, sans la guerre et les besoins qu'elle a créés, de nombreuses chutes d'eau en cours d'installation auraient attendu pendant longtemps peut-être leur réalisation et encore plus longtemps, sans doute, leur complète utilisation. C'est le cas de la chute, dite de Largue, sur la Durançe, ou de celle de Fonds-de-France, au pied des Sept-Laux, sur la Bréda, dont on envisageait l'aménagement que dans un avenir éloigné, mais qu'une demande toujours croissante d'énergie, déterminée par les besoins de la Défense Nationale, a fait entreprendre plus tôt qu'on ne le pensait. »

Dans ce vaste effort, la France ne s'est pas bornée à renforcer sa puissance hydraulique, elle a encore perfectionné sa technique et les utilisations de l'énergie.

Au point de vue technique, grâce à certains appareils placés sur les hautes chutes, on put utiliser l'eau non seulement pour la marche des turbines, mais encore pour des fabrications jusque-là inédites : l'emboutissage des obus par la pression directe de l'eau fut réalisée en 1916 aux papeteries Bergès de Lancey.

L'électro-métallurgie a inauguré la préparation de la fonte synthétique, du fer électrolytique, des métaux résistant aux aciers. L'électro-chimie a enregistré des découvertes sensationnelles.

Livrés à leurs seuls moyens, les industriels n'auraient pu poursuivre la tâche entreprise. Ils trouvèrent, répétons-le, dans les Pouvoirs Publics une aide constante. M. le Commandant Cahen, dans la conférence précitée, parlant

du rôle des Administrations, s'exprimait : « On en médit assez pour qu'un industriel, placé momentanément de leur côté, tienne à prendre leur défense. Si nous avons pu aboutir aux résultats que je vous ai signalés, c'est grâce à l'accord constant qui a régné entre les industriels, les différentes administrations intéressées, et à la collaboration très cordiale qui a réuni tous leurs efforts. Le Ministère de l'Armement, chargé plus spécialement pendant la durée de la guerre, de jouer pour ainsi dire le rôle de moteur pour la création des chutes hydrauliques, n'a eu aucune peine à obtenir le concours permanent des Ministères des Travaux Publics et de l'Agriculture. Tant sur les cours d'eau du domaine public, que sur les cours d'eau du domaine privé, il a été donné de nombreuses autorisations provisoires de commencer les travaux sans attendre le résultat des enquêtes administratives et la fin des formalités légales.

Dans tous les cas, les formalités administratives ont été simplifiées et les difficultés aplanies ; je voudrais en citer un exemple assez topique :

Au mois d'août 1873, un décret avait fixé la retenue normale des eaux du lac d'Annecy à un niveau correspondant à la côte de 1 m. 80. Depuis cette date, il avait été demandé de relever le niveau de 0 m. 30, afin d'augmenter la puissance que pouvait fournir à son usine de Bracilly sur le Fier, la Société des Forces Motrices du Fier.

Aucune solution n'avait été apportée à cette question ; la surélévation du lac menaçant, paraît-il, de nombreux intérêts industriels et agricoles.

Le 19 novembre 1915, la question était reprise. Une conférence réunissait localement les principaux intéressés, qui prenaient l'engagement de garantir l'Administration de

tous dommages causés aux tiers. Le Sous-Secrétariat des Fabrications de Guerre intervenait immédiatement auprès du Ministre des Travaux Publics et en moins de quinze jours, le 2 décembre 1915, malgré les protestations des riverains du lac, le Ministre des Travaux Publics autorisait le Préfet à relever le niveau du lac de 30 centimètres. On avait donc réalisé en quelques jours une amélioration qui, sans la guerre, aurait sans doute attendu de longues années. »

La loi ne prévoit aucune réglementation pour l'industrie hydro-électrique.

Les difficultés surgissant entre industriels et riverains restent fortement accusées. L'Administration ne peut, malgré toute sa bonne volonté, suppléer à l'absence de texte.

Le besoin d'une législation spéciale se fait durement sentir.

Le Gouvernement, le 11 mai 1917, constitua une Commission extra-parlementaire, composée d'industriels, de financiers et de parlementaires, qui, sous la présidence de M. Klotz, mit en discussion un projet de réglementation.

Le fruit des discussions de la Commission fut déposé par le Gouvernement, le 24 juillet 1917, sur le bureau de la Chambre, sous forme de projet de loi. Ce projet devint, après débats, la loi du 16 octobre 1919, qui présente sans aucun doute des imperfections, mais qui simplifie singulièrement la situation des industriels en ce qui concerne l'installation de leurs établissements.

Après la guerre. — L'armistice résolvait en 1918, la question de vie ou de mort posée au pays en 1914; mais après avoir gagné la guerre, il fallait organiser la paix,

et la reconstitution de la France dépendait en grande partie de l'intensité et de la fécondité de son travail.

Or, dès avant la guerre, la faiblesse de la natalité française avait provoqué une crise très sérieuse dans le recrutement de la main-d'œuvre. Les pertes subies pendant la guerre, qui ne sont pas inférieures à 1.500.000 hommes, ne pouvaient qu'aggraver cette crise.

D'autre part, « on remarquait avant la guerre, une propagande très vive de la part des syndicats, pour que les travailleurs réduissent leur effort dans des proportions très importantes. La production était ainsi diminuée. Il est à croire que l'union sacrée due à la guerre, ne lui survivra pas, et que, la même propagande continuant, les industriels devront souvent chercher à remplacer les travailleurs par des machines actionnées électriquement. »

Il y avait là un immense danger qui ne pouvait échapper à l'attention des hommes de bonne volonté et d'esprit clair.

Aussi, dès le lendemain de l'armistice, voit-on l'industrie hydro-électrique soutenue, aidée et encouragée.

Dans le domaine pratique et technique, on établit un plan d'aménagement général, en prenant pour base les projets du Gouvernement pour les années 1919-20-21. De grandes conceptions y sont envisagées; outre les chutes d'eau de montagne, on prévoit l'aménagement du Rhône, du Rhin, de la Dordogne, de la Meuse, etc... La force ainsi obtenue doit servir à des usages différents, dont les principaux seront l'électro-métallurgie, la distribution et la traction.

Dans le domaine légal, l'activité d'après-guerre s'est manifestée par le vote de la loi du 16 octobre 1919, que nous étudierons plus loin.

Dans le domaine administratif, la loi ci-dessus mentionnée crée un Comité Consultatif des Forces Hydrauliques auprès du Ministère des Travaux Publics. Ce comité donne son avis sur toutes les questions qui lui sont soumises par le ministre. Nous aurons l'occasion de mesurer l'effort réalisé par cette assemblée de fonctionnaires éminents et d'industriels distingués et les résultats importants obtenus par cette collaboration pour le plus grand bien du pays.

CHAPITRE II

Caractères de l'Industrie hydro-électrique.

L'industrie hydro-électrique présente des caractères qui lui sont propres. Nous allons les étudier successivement :

1° Le trait dominant de l'industrie hydro-électrique réside dans le fait que la production est étroitement liée à la consommation. Le rôle décisif qu'a joué la consommation dans le développement de l'industrie hydro-électrique se retrouve dans chacun des caractères particuliers de cette industrie ;

2° Nous noterons les discordances parfaitement caractérisées entre les variations de l'offre et de la demande suivant les saisons ;

3° Ces mêmes discordances entre les variations de l'offre et de la demande se produisent encore au cours de la même journée, et, de ce fait, il ressort que la spécialisation industrielle n'est pas le fait de l'industrie hydro-électrique, contrairement à la tendance générale actuelle ;

4° L'industrie hydro-électrique semble prédisposée à la concentration.

1° La production est liée à la consommation.

Depuis très longtemps il existe, dans les hautes vallées de montagne, des tissages, des forges, des papeteries dont les métiers ou les machines étaient actionnées par la force

de l'eau; mais le mauvais rendement des turbines rudimentaires alors employées, le petit nombre des chutes utilisées, chutes qui ne présentaient que des différences de niveau peu importantes, ne permettent pas de parler d'une utilisation quelconque de la houille blanche.

Les premières preuves des possibilités d'utilisation de cette source d'énergie naquirent avec les aménagements de grandes chutes réalisés par Fredet et par Bergès en 1869. Précisément à cette époque, Gramme inventa la dynamo.

L'industrie hydro-électrique était née.

Les essais concluants de Fredet et de Bergès amenèrent de nombreux industriels à édifier, dans la vallée du Grésivaudau, des usines en vue de la fabrication de la pâte à papier. La force hydraulique appliquée à cette industrie permettait d'obtenir un prix de revient notablement inférieur aux prix jusqu'alors pratiqués; les demandes de pâte à papier se multiplient de telle façon que de nouvelles usines doivent être créées; les rivières coulant dans des vallées d'accès faciles sont d'abord utilisées, puis les industriels doivent s'établir plus haut dans les vallées montagneuses et c'est ainsi que les vallées de la Romande, de l'Arc, du Doron sont mises à contribution.

L'industrie de la pâte à papier permet d'améliorer la technique de l'industrie proprement hydraulique.

Les premières chutes aménagées étaient peu élevées et de faible débit; en 1882, Bergès tente et réussit l'équipement, à Lancey, d'une chute d'une hauteur de 500 mètres, et Aubry installa sur le Doron, en 1889, la première chute de montagne à grand débit.

A cette époque, l'invention de Gramme est au point : on savait transformer l'énergie mécanique en énergie électri-

que et Desprez avait résolu le problème du transport à distance.

Quelques stations hydro-électriques sont élevées et immédiatement les demandes d'énergie affluent.

Les papeteries, par suite de la crise du papier, végétaient. Un grand nombre d'entre elles se muèrent en stations hydro-électriques. Le succès obtenu et la demande incessante de force poussèrent à la création de nouvelles usines; la naissance de l'électro-chimie et le besoin de carbure de calcium, les applications de l'électro-métallurgie et des aciers spéciaux, la traction électrique sont autant de débouchés pour l'industrie nouvelle. Elle se développa peu à peu, jusqu'au moment où les besoins de la Défense Nationale permettront à l'industrie hydro-électrique de doubler sa puissance pendant les quatre années de guerre.

Dans l'état actuel de la science, il n'est pas possible de mettre en réserve l'énergie électrique produite; c'est là la raison principale de la subordination de la production à la consommation. L'énergie produite et non consommée immédiatement est perdue; le stockage ne peut être pratiqué dans l'industrie hydro-électrique, comme il l'est dans les autres industries. Les usiniers sont, de ce fait, dans l'obligation de ne pas aménager de stations plus puissantes que la consommation ne l'exige; s'ils se dérobaient à cette règle, ils risqueraient fort de ne pas trouver l'écoulement de leur production, par conséquent l'aménagement réalisé aboutirait à un gaspillage, que leur intérêt bien compris leur commande d'éviter.

Les débouchés offerts à l'industrie hydro-électrique sont dans l'état actuel des choses strictement régionaux; les stations recherchent leur clientèle dans leur entourage im-

médiat, sauf quelques rares exceptions. Les débouchés internationaux sont encore du domaine de l'imagination.

Les installations hydro-électriques ne se créent ou ne s'agrandissent donc que dans le cas où les demandes d'énergie ne peuvent plus être satisfaits par les établissements existants ; elles restent stationnaires dans le cas opposé.

Pourtant, s'il est vrai qu'un gaspillage peut résulter d'une disproportion entre la demande d'énergie et la production, il ne faut pourtant pas être trop exclusif. S'il ne faut pas aménager des chutes sans souci de l'utilisation ultérieure et tenir le raisonnement : « Nous verrons ensuite ce que nous en ferons », il ne faut pas non plus se laisser aller à dire : « Ne captons pas l'énergie hydraulique, car nous n'en avons pas l'emploi. » — Si le premier raisonnement semble être celui des précurseurs, des pionniers, le second, il est regrettable de le constater (1), semble se rapprocher singulièrement de celui des « officiels ».

Ces deux raisonnements semblent également exagérés : il ne faut pas installer une chute dans une région où déjà il y a surproduction d'énergie ou bien dans une région où les débouchés sont notoirement nuls, mais il ne faut pas non plus se laisser arrêter par de petites difficultés. « Il faut examiner scrupuleusement les affaires qui pourront être traitées, en restant plutôt en dessous des probabilités, et si les hypothèses se vérifient à l'expérience, il faut se mettre au niveau voulu en donnant libre cours à son enthousiasme, en voyant d'un œil plutôt optimiste, sans se laisser rebuter par les difficultés inévitables qui se présenteront. »

(1) Sauf pendant la guerre (voir Chapitre I).

Ainsi, deux raisons principales nous prouvent la subordination de la production à la consommation :

a) Une preuve par l'histoire même de l'industrie : c'est le besoin de papier qui a permis l'aménagement des premières chutes, pour la préparation de la pâte de bois. Puis ce sont les demandes incessantes d'énergie électrique qui ont poussé les ingénieurs à installer des usines hydro-électriques ;

b) Une preuve par la nature actuelle des choses : la consommation est limitée dans l'espace comme dans le temps. Dans l'espace, par l'absence de débouchés internationaux, ou même nationaux, mais éloignés ; dans le temps, par l'impossibilité de mettre en réserve l'énergie qui n'est pas immédiatement utilisée, d'où l'absence de stocks pour les besoins futurs.

Ce rôle décisif de la consommation se retrouve dans les autres caractères de l'industrie hydro-électrique.

2° *Variations de l'offre et de la demande d'énergie suivant les saisons.*

Tous les cours d'eau, qu'ils soient alimentés par la fonte des neiges et des glaces, comme les torrents des montagnes, ou qu'ils soient alimentés par les eaux de pluies, comme les rivières de plaine, ont des débits variables suivant les périodes de l'année. Les torrents ont leurs hautes eaux en été, au moment où les neiges fondent sous l'ardeur du soleil ; les rivières de plaine ont leur débit maximum à la fin de l'automne et en hiver.

La masse d'eau que roulent les cours d'eau varie donc dans des limites très étendues. « On peut dire que le débit varie de 1 à 3, en prenant pour unité le débit d'étiage ; un grand nombre de cours d'eau varient dans la proportion de

1 à 10, et certains torrents, comme le Fier, varient dans la proportion de 1 à 100.

Cette irrégularité dans le débit entraîne naturellement une irrégularité parallèle dans la production de l'énergie électrique. Si nous supposons une station édifiée sur un torrent, la puissance maximum qu'elle est capable de fournir se trouvera réalisée au moment des hautes eaux, c'est-à-dire en été; à cette époque de l'année les demandes d'énergie ne seront vraisemblablement pas plus importantes que pendant la saison précédente, et, peut-être même, dans le cas où l'éclairage public et privé ferait l'objet de la production, la demande sera-t-elle moins forte à l'époque envisagée qu'au gros de l'hiver, où, la nuit tombant de bonne heure, les lampes restent plus longtemps allumées. Et inversement, au moment où le besoin de lumière se fera le plus sentir, les eaux du torrent seront basses et la puissance de la station aura diminuée.

Si dans le cours de l'année, le régime des eaux subit des fluctuations, qui ont leur répercussion sur la production de l'énergie, on peut également remarquer que la consommation ne reste pas la même à toutes les heures du jour. Nous en verrons les causes dans le paragraphe suivant.

De ce qui précède, il ressort que le problème de l'installation des usines hydro-électriques comporte deux inconnues essentiellement variables :

- a) L'irrégularité de l'énergie disponible;
- b) L'irrégularité de la demande.

La solution du second problème faisant l'objet du paragraphe suivant, nous étudierons maintenant quelles mesures ont été adoptées par les industriels pour remédier aux inconvénients de l'irrégularité de la force produite à cause des changements de débit des cours d'eau.

« Les variations de débit étant dues aux conditions météorologiques, il n'est pas possible de s'y opposer. Il serait une utopie de croire qu'on peut arriver à rendre le débit d'une rivière à peu près constant; mais il est possible, moyennant certaines mesures, de remédier en partie aux inconvénients qu'entraînent ces fluctuations et de diminuer l'amplitude des oscillations du débit. »

Ces mesures sont de deux ordres :

- a) Des mesures préventives;
- b) Des mesures curatives.

a) Les industriels, désireux d'installer une usine hydro-électrique, doivent, en premier lieu, faire une étude très serrée du régime du cours d'eau sur lequel ils pensent édifier leurs établissements.

Cette étude est très longue et difficile pour les particuliers non spécialisés.

C'est pourquoi, à la suite de vœux exprimés au Congrès de la Houille Blanche de Grenoble, l'Administration, consciente de son devoir, entreprit, en 1903, par l'intermédiaire du Ministère de l'Agriculture et sous la direction de M. Dabat, directeur général des Eaux et Forêts, l'organisation du « Service d'Etudes des Grandes Forces Hydrauliques en Pays de Montagne ». Ce service avait pour mission de procéder, à la fois, à une étude physique des bassins et à une étude directe de chaque cours d'eau; cette dernière étude comprenant : la mesure des débits faite en des points différents et le relevé des profils en long des cours d'eaux.

L'industriel, à la simple lecture de la carte, pouvait se faire une idée très précise de la hauteur de chute et du débit qu'il aurait à un point déterminé.

b) Restait à remédier aux inconvénients résultant des variations de débit.

Différents systèmes ont été utilisés et chacun d'eux a donné de bons résultats.

En ce qui concerne les torrents, on a procédé à la création ou à l'aménagement de bassins artificiels ou naturels qui servaient de régulateurs.

Dans ce sens, les lacs des hautes vallées montagneuses ont été d'un grand secours.

Les rivières de plaine ont des débits moins variables que les torrents et la solution fut acquise en procédant à la surélévation des barrages, ce qui permettait une accumulation d'eau suffisante pour assurer la régularité en toutes saisons.

Ces mesures, que nous avons appelées curatives, tout impropre que soit ce mot, ont été prises par les industriels eux-mêmes toutes les fois qu'elles ont été possibles.

Mais, sur certains cours d'eau, les travaux nécessaires sont trop importants pour qu'il soit possible à une société privée d'y faire face; et en général, les mesures prises par les particuliers ne sont pas suffisantes pour remédier efficacement aux variations des débits. C'est pourquoi, les industriels établis sur une même rivière se sont souvent groupés pour substituer aux initiatives individuelles, des efforts plus importants effectués à frais communs entre les intéressés, de manière à ramener la part des dépenses de chacun d'eux à un chiffre acceptable.

Il est encore possible de régulariser la production par une autre méthode qui consiste à adjoindre à l'usine hydro-électrique, une usine thermique, qui sera mise en marche dès que les eaux de la rivière seront trop basses pour pouvoir fournir la puissance nécessaire.

En 1921, la sécheresse avait réduit le débit des cours d'eau dans de telles proportions, que certaines stations, dites hydro-électriques distribuèrent pendant plusieurs mois de l'énergie fournie par leurs usines thermiques de secours.

3° Variations de l'offre et de la demande d'énergie suivant les heures de la journée.

Le client d'une station hydro-électrique ne consomme pas à toute heure de la journée la même quantité d'énergie.

Suivant l'usage qu'il en fait, le consommateur utilisera le courant soit dans la journée, soit dans la soirée, soit encore à toute heure, mais d'une façon intermittente.

Cette irrégularité dans l'usage présente pour le producteur d'énergie des inconvénients multiples et celui-ci devra s'efforcer de rechercher un écoulement de production tel, que son usine ait à fournir un effort régulier.

C'est pourquoi, dans la grande majorité des cas, les usines hydro-électriques, ne peuvent se contenter d'un seul client.

Il est aisé de comprendre que si toute l'énergie produite est écoulée, le prix du kilowatt-heure livré à la consommation sera moins élevé que si une partie de la production n'est pas employée. L'industriel aura donc pour but de vendre la totalité des kilowatts dont il dispose, et ce, pendant les vingt-quatre heures de la journée.

Par exemple, si une station n'avait comme clientèle qu'une Compagnie d'Eclairage, la force produite pendant la journée serait perdue et les turbines travailleraient à vide. Au contraire, dans la soirée, et pendant la plus grande partie de la nuit, l'usine donnerait son maximum. L'intérêt de l'industriel sera donc de rechercher un client, qui tout en lui laissant ses disponibilités dans la soirée, lui

prendra pendant la journée la force non écoulee. Quel sera ce client? Une usine métallurgique ou chimique, une distribution de force motrice à domicile, une compagnie de tramways semblent devoir remplir les conditions voulues, car ces industries arrêtent la marche de leurs ateliers avec la chute du jour, au moment précis où l'éclairage accaparrera toute la force disponible.

Aussi bien organisé que soit l'écoulement de la production, il se produira malgré tout des phénomènes de pointe. La pointe est l'heure critique pour les industries productrices d'énergie. C'est le moment où un supplément de force, quelquefois très important, est demandé, et les usines doivent pouvoir faire l'effort nécessaire pour répondre aux besoins.

Cet effort supplémentaire est obtenu de plusieurs manières; soit qu'on emmagasine dans le canal d'amenée, en amont de l'usine, un volume d'eau assez important, qui viendra apporter au moment voulu un supplément de puissance; soit qu'on ait recours à un procédé d'origine américaine appelé l'accumulation hydraulique.

L'accumulation hydraulique consiste à utiliser, aux moments d'accalmie, l'excédent d'énergie électrique à la manœuvre de pompes puissantes, qui refoulent l'eau de la rivière dans des vastes bassins artificiels situés sur l'une des rives de la rivière et le plus élevés possible. Ces bassins sont ouverts aux moments de crise et la chute d'eau ainsi produite apporte un supplément de force suffisant pour parer à toute éventualité.

Ce procédé est utilisé par la ville de Schaffouse, et, en France, par les villes de Thonon et d'Evian, tandis que le premier procédé est employé à l'usine de Jouage, près de Lyon.

Enfin, il est souvent fait appel aux services d'une usine thermique, qui n'est mise en marche, que pour passer l'heure critique.

Les industries hydro-électriques ne peuvent donc se contenter d'un seul client, par conséquent, il ne leur est pas possible de se spécialiser dans une seule branche. Les applications de l'électricité sont, d'ailleurs, assez nombreuses pour que les producteurs ne soient jamais en peine pour trouver le client rêvé qui viendra demander la force, au moment où un autre client ne l'utilise plus.

1° L'industrie hydro-électrique est par sa nature même prédisposée à la concentration.

La concentration est un phénomène qui, pendant ces dernières années, s'est fait sentir dans de nombreuses industries.

Elle peut se manifester de plusieurs manières :

Soit par une absorption pure et simple ;

Soit par l'acquisition des actions d'une société par une autre société, les deux entreprises restant distinctes ;

Soit par ce que les Américains appellent le contrôle, qui n'est qu'une variation de la précédente forme.

Il arrive souvent que deux sociétés présentent une certaine connexité, soit du fait d'administrateurs communs, soit par des participations dans le capital.

Mais le plus souvent, la concentration se produit par le besoin d'amoin̄drir les frais généraux, qui sont proportionnellement moins élevés dans une grande entreprise que dans une petite, ou par le besoin de s'agrandir pour répondre aux besoins de la clientèle.

Dans un article intéressant, M. Cauboue, après avoir étu-

dié la concentration des entreprises pendant la guerre, arrivait aux conclusions suivantes :

a) « Dans la plupart des cas, le capital de la société absorbante est plus important que le capital de la société absorbée ;

b) Dans 19 cas d'absorption (1), les Sociétés absorbantes et absorbées avaient, antérieurement à la fusion, des liens étroits ;

c) 28 cas d'absorptions, sans compter les banques, ont été motivés par un besoin d'extension ou la nécessité d'abaisser les frais généraux par la production directe de la force motrice ou de matières nécessaires à la fabrication ;

d) Dans le plus grand nombre de cas, les sociétés absorbantes et absorbées étaient en bonne posture financière. Lorsqu'il en est autrement, l'absorption donne, en général, de mauvais résultats ;

e) La concentration pendant ces cinq dernières années s'est particulièrement fait sentir dans les entreprises d'électricité, de produits chimiques et de banque. »

M. Cauboue donne encore des tableaux très intéressants sur la fusion des entreprises industrielles, commerciales et bancaires pendant les années de guerre. Nous ne les reproduirons pas.

Nous avons vu plus haut qu'il existe plusieurs méthodes de concentration. Dans les entreprises d'électricité, nous ne trouvons, en général, pas la concentration proprement dite, c'est-à-dire la fusion de plusieurs sociétés en une seule.

Nous trouvons plutôt, ce que les Américains appellent le contrôle, c'est-à-dire la soumission de fait, à une direction

(1) Sur 68 cas envisagés.

unique, de plusieurs affaires qui, apparemment, semblent indépendantes.

La raison caractéristique de ces fusions semble devoir être trouvée dans la difficulté qu'éprouve chaque entreprise, considérée isolément, de satisfaire aux besoins variables de la consommation. Lorsque le contrôle est établi, « les différents réseaux qui s'enchevêtrent cherchent à se donner une aide mutuelle, leur permettant d'utiliser pour le mieux, l'énergie produite, en répartissant entre les différentes sources, qui n'ont pas toutes leurs pointes de consommation ou d'énergie au même moment, un supplément de force, dont chacune, prise isolément, n'a pas l'emploi complet d'une façon régulière. »

Depuis 1914, nous assistons à la disparition progressive des petites entreprises hydro-électriques. Ces petites stations sont placées sous le contrôle de sociétés puissantes, qui cherchent plutôt à se soutenir et à fusionner qu'à se combattre.

Dans le Dauphiné, il y une quinzaine d'années, on pouvait compter une dizaine d'entreprises de distribution de force et de lumière; aujourd'hui deux puissantes sociétés subsistent seules en nom, toutes les petites stations ayant été englobées, et ces deux puissances sont : la Société Force et Lumière et la Société Fures et Morges.

Encore est-il bon d'ajouter que des pourparlers ont été engagés pour la réunion de ces deux groupes; les pourparlers ayant abouti, chacune des deux sociétés, ci-dessus mentionnées, a apporté sa souscription d'actions à un groupement qui les englobera.

L'exemple du Dauphiné que nous venons de citer n'est pas isolé. Si au lieu de nous maintenir dans ce départe-

ment, nous envisageons la région des Alpes tout entière, nous aboutissons à des résultats analogues. Les distributions d'éclairage et de force motrice emploient, dans les Alpes, une force de 400.000 chevaux; outre les deux sociétés précédemment citées, on ne trouve que deux autres groupements : la Société Lyonnaise des Forces Motrices du Rhône, qui contrôle 20.000 chevaux, et la Société d'Energie Electrique du Littoral Méditerranéen, qui contrôle plus de 120.000 chevaux installés et dont les réseaux s'étendent depuis la frontière italienne jusque dans les Cévennes.

Le mouvement de concentration qui s'est manifesté pendant et depuis la guerre, dans l'industrie hydro-électrique, s'étendra certainement. Les énormes capitaux indispensables, les difficultés qui se dressent, maintiennent les petites sociétés à un rang inférieur.

A un moment ou à un autre, ces petites entreprises devront s'englober dans le groupement régional, qui deviendra, sans doute, un jour national; ces groupements puissants pourront alors entreprendre, avec méthode, l'aménagement rationnel de nos forces hydrauliques.

CHAPITRE III

Les Réalisations.

Pour étudier les réalisations obtenues dans le domaine de l'industrie hydro-électrique, nous diviserons le présent chapitre en six paragraphes :

1° Quelle est la richesse hydraulique de la France par rapport à celle des autres nations ?

2° Quelle portion de cette richesse se trouve aujourd'hui exploitée ou en voie d'exploitation ?

3° Etude des grands projets ;

4° Comment les forces utilisées se répartissent-elles entre les industries ?

5° Quels capitaux ont été engagés ?

6° Quel cadre législatif et quelle direction d'ensemble ont été donnés en cette matière aux activités ?

1° *Richesse hydraulique de la France.*

La France mal dotée par la nature en houille noire, est la puissance européenne qui possède le plus de ressources en houille blanche.

Quelle est l'étendue de ces ressources ? Quelle est leur importance par rapport aux disponibilités des autres Etats européens ? Jusqu'à ce jour, les statistiques ont été contradictoires à ce sujet.

Il est très difficile d'évaluer exactement la valeur des ressources hydrauliques d'un pays; l'établissement de cet inventaire présente des difficultés d'autant plus grandes que la technique des installations hydrauliques varie et progresse constamment. En effet, au début, les usines installées n'étaient prévues que pour l'utilisation des puissances d'étiage des cours d'eau; ensuite, on a admis l'utilisation des puissances temporaires supérieures, notamment des débits caractéristiques moyens, qui sont les débits au-dessous desquels les rivières ne descendent pas plus de six mois par an. Actuellement on utilise des débits encore bien plus exceptionnels, puisque la plupart des stations aménagées pendant la guerre, peuvent utiliser complètement les débits de trois mois.

Une autre raison qui explique les contradictions des statistiques, réside dans le fait que la puissance des cours d'eau a souvent été augmentée par la régularisation de leur régime. Nous avons vu comment ce résultat avait été obtenu; les bassins aménagés régularisaient l'écoulement des eaux et augmentaient de ce fait la puissance moyenne des rivières.

Ces considérations montrent que la puissance des cours d'eau augmente avec les perfectionnements apportés à la technique de leur utilisation et elles expliquent les divergences que nous rencontrerons dans les statistiques reproduites dans cette étude; elles montrent également qu'il se faut garder de croire qu'il est possible de se faire une idée rigoureusement précise sur nos ressources hydrauliques, car une statistique établie aujourd'hui avec le plus grand soin, peut être infirmée demain, si de nouvelles méthodes d'utilisation sont appliquées.

Les statistiques que nous citerons peuvent également va-

rier dans de vastes proportions suivant qu'elles ont été établies en prenant pour base la puissance d'étiage, la puissance moyenne ou la puissance maximum, ou selon qu'elles comprennent les petites chutes, désignées souvent sous le vocable de « houille verte ». Les auteurs manquent, presque toujours, de précision à cet égard.

Toutefois, les évaluations faites dans des conditions apparemment semblables, ne diffèrent pas tellement, qu'on ne puisse se faire une idée suffisamment approchée et saisir, en tous cas, l'importance du réservoir de force, mis par la nature à notre disposition.

Voici quelques estimations :

Antérieurement à 1913, on considérait que la France disposait de 8 millions de chevaux, la Norvège de 7.500.000, la Suède de 6.750.000, l'Autriche-Hongrie de 6.450.000, l'Italie de 5.500.000, l'Espagne de 5 millions, la Suisse de 1.500.000, l'Allemagne de 1.425.000 et l'Angleterre de moins de 1 million de chevaux.

« On doit immédiatement remarquer que les nations abondamment pourvues de houille sont moins bien partagées que les autres en forces hydrauliques, comme si la nature avait voulu équilibrer les éléments d'énergie. Il n'y a d'exception que pour les Etats-Unis, dotés de 30 millions de chevaux, malgré leurs 500 millions de tonnes d'extraction annuelle de charbon. »

Le Gouvernement canadien a, pendant la guerre, en 1917, établi un inventaire des forces hydrauliques pour le monde entier. Les chiffres donnés pour l'Europe étaient les suivantes: France, 8 millions; Autriche-Hongrie, 6.500.000; Norvège, 5.500.000; Espagne, 5 millions; Suède, 4.500.000; Italie, 4 millions; Suisse, 2 millions.

Enfin, M. Perrier, rapporteur de la Commission des Forces Hydrauliques à la Chambre des Députés, donnait, dans son rapport sur le projet de loi des Forces Hydrauliques, les chiffres suivants :

France : 9 millions de chevaux en eaux moyennes.		
Norvège : 7,5	»	»
Suède : 6,7	»	»
Autriche-Hongrie : 6,4	»	»
Italie : 5,5	»	»
Espagne : 5	»	»
Suisse : 1,5	»	»
Allemagne : 1,4	»	»
Grande-Bretagne : 0,96	»	»

En ce qui concerne spécialement la France, les estimations ont également beaucoup varié.

L'Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, M. de la Brosse, « Grand Maître de la Houille Blanche », jugeait que la puissance moyenne devait atteindre 8 millions de chevaux. En 1911, l'ingénieur en chef Ader portait ce chiffre à 9.200.000, et MM. Loucheur et Alby le ramenaient à 6 millions. Pendant la guerre, M. le Commandant Cahen, dans une Conférence faite à la Salle des Ingénieurs Civils, estimait à 8 millions la puissance susceptible d'être utilisée en France; cette estimation ne comprenait pas la force du Rhin, c'est donc à 9 millions que devrait être porté le chiffre de M. Cahen.

Enfin, M. Pawlowski, dans l'*Annuaire de la Houille Blanche pour 1922*, s'exprime de la façon suivante : « Une enquête personnelle poursuivie de décembre 1920 à juillet 1921 dans tous les départements français, avec l'aide et le concours le plus complet des Pouvoirs Publics, des ingé-

nieurs officiels et des industriels, nous autorise aujourd'hui à fixer de 10 millions et demi à 11 millions la force utilisable en France, en régime moyen, en y comprenant les petites forces, englobées souvent sous le vocable de houille verte. »

Cette évaluation, la dernière en date, est la seule qui comprenne d'une façon explicite les petites forces de houille verte; là est sans doute la raison de la grosse différence du résultat obtenu si on le compare aux autres estimations.

La houille blanche est très inégalement répartie sur le territoire français. Il est évident que les régions montagneuses sont mieux dotées que les plaines.

M. Pawlowski, dans sa récente enquête, a fixé la répartition des forces sur le territoire de la manière suivante:

Alpes	4.500.000	chevaux.
Pyrénées	1.550.000	»
Centre	1.300.000	»
Est	1.000.000	»
Jura	500.000	»
Reste du pays	500.000	»

Soit un total de 9.350.000 chevaux, inférieur d'au moins un million de chevaux à l'évaluation globale ci-dessus. Nous ne savons d'où provient cette grosse différence, peut-être de ce que la houille verte n'est pas comprise dans les évaluations par régions.

Un résultat sensiblement analogue a été obtenu à la suite d'un recensement effectué par le Gouvernement. Celui-ci, désireux de connaître officiellement les ressources du pays en houille blanche, nomma une commission, composée de fonctionnaires éminents et de techniciens éprouvés, qui, sous la présidence de M. l'Inspecteur Général de

la Brosse, entreprit l'évaluation de nos Forces Hydrauliques. Les travaux terminés dans la première moitié de 1919, donnèrent les résultats suivants :

Sud-Est	4.000.000	de chevaux.
Sud-Ouest	1.500.000	»
Centre	1.100.000	»
Est	200.000	»
Rhône	900.000	»
Rhin	800.000	»
Loire	300.000	»
Garonne	200.000	»

Soit 9 millions de chevaux au total.

Cette évaluation faite en eaux moyennes représente la force utilisable pendant au moins six mois par an; en basses eaux, la puissance ne dépasse pas 4.500.000 chevaux.

Nous citerons, enfin, la répartition qui figure à l'annuaire de la Chambre Syndicale des Forges Hydrauliques.

RÉGIONS	PUISSANCE DISPONIBLE	
	à l'étiage	en eaux moyennes
Alpes Septentrionales (Haute Savoie, Savoie, Isère, Haute Alpes)	1.000.000	2.000.000
Alpes Méridionales (de la Drôme aux Alpes Maritimes)	1.300.000	2.600.000
Massif Central, Vosges, Jura.	900.000	1.800.000
Pyrénées et reste du territoire	1.400.000	2.800.000

Soit 4.600.000 chevaux à l'étiage et 9.200.000 en eaux moyennes.

De ce qui précède, il ressort combien la force hydraulique est inégalement répartie sur le territoire. Près de

la moitié du total se rapporte aux Alpes, qui étaient, avant la guerre, la seule région dont on s'occupât; les Pyrénées viennent ensuite; puis le Massif Central; enfin les Vosges et le Jura.

Dans les pays de plaine, le Rhône et le Rhin étant mis à part, les ressources, sans être négligeables, ne sont que peu de chose en regard de celles des zones montagneuses. Certaines régions même, sont pratiquement dépourvues de force, telles sont le Nord et la Bretagne.

Le Rhin, maintenant français sur une longue partie de son cours, vient apporter le concours de ses 800.000 chevaux.

Il est bon de noter que le Traité de Versailles, dans son article 358, a donné à la France le droit exclusif de l'utilisation de l'énergie hydraulique dans la section où le fleuve forme la frontière franco-allemande. La Suisse a pourtant élevé une protestation lorsqu'il a été question de creuser le grand canal d'Alsace; on ne saisit pas très bien la raison de cette attitude de la Suisse, lorsqu'on songe à tous les profits que tirerait le pays de l'utilisation du canal pour le transport par eau d'un grand nombre des produits qu'elle importe !

2° *Quelle est la puissance aménagée ?*

« Bien que la France ait précédé le monde dans la mise en œuvre de ses richesses latentes, qu'elle ait, dès 1867, réalisé la première chute verticale à Brignoud, puis à Lancey en 1868, et qu'on doive à Marcel Desprez les premières expériences concernant le transport de l'énergie, quoique nos compatriotes aient été les initiateurs en cette matière, comme en tant d'autres, la France n'avait tiré avant

la guerre, qu'un médiocre parti de la force dont la Providence l'a pourvue. »

En 1899, la puissance hydraulique aménagée n'était encore que de 115.000 chevaux; en 1902, au moment du Congrès de Grenoble, elle s'élevait à 200.000 chevaux; 350.000 chevaux étaient installés en 1906 et à la veille de la guerre, notre industrie disposait de 750.000 chevaux.

En 1914, la France, nation européenne la mieux dotée, ne venait qu'au troisième rang en ce qui concerne l'utilisation; elle était précédée par la Norvège et l'Italie, qui, respectivement, avaient aménagé 920.000 et 900.000 chevaux. Puis venaient l'Autriche-Hongrie avec 515.000 chevaux; l'Allemagne avec 340.000; l'Espagne avec 300.000; enfin, la Suisse avec 215.000.

Le rapport de la puissance utilisée à la puissance utilisable, n'était pas brillant en ce qui concerne la France; elle se trouvait reléguée à l'avant-dernier rang des puissances européennes, ainsi que le montrent les chiffres suivants :

L'Allemagne avait aménagé 24,4 0/0 de ses ressources; l'Espagne 16,6 0/0; l'Italie 16,3 0/0; la Suisse 15,1 0/0; la Norvège 12 0/0; la France 9,3 0/0; et l'Autriche-Hongrie 8 0/0.

La guerre, nous l'avons dit précédemment, vint donner une impulsion nouvelle à l'industrie hydro-électrique. Les résultats enregistrés furent importants et actuellement la France est au premier rang des nations utilisant l'énergie hydraulique.

De novembre 1915 au printemps de 1918, l'aménagement de 550.000 chevaux nouveaux est décidé; et les usines édifiées pendant cette période ont été prévues pour pouvoir utiliser les gros débits temporaires d'été, ce qui

donne dans l'ensemble une puissance de 850.000 chevaux. A la fin de 1917, la force nouvellement captée et disponible s'élevait de 120.000 chevaux et les projets des Pouvoirs Publics envisageaient l'aménagement de 330.000 chevaux, en 1918, de 175.000 chevaux en 1919 et de 225.000 chevaux en 1920 et 1921. Si ces projets avaient été intégralement mis à exécution, la France aurait, entre 1915 et 1920, doublé sa puissance d'avant-guerre. Sans être complets, les résultats furent pourtant très appréciables, puisque, vers le milieu de 1919, on pouvait officiellement fixer à 1 million 165.000 chevaux, la force captée en France et à 500.000 chevaux, la puissance en voie d'aménagement.

Actuellement, la force maxima disponible doit être de 1.500.000 chevaux environ.

Il y a lieu de remarquer que le champ d'utilisation des forces hydrauliques s'est singulièrement agrandi. Nous avons déjà eu l'occasion de dire qu'avant la guerre, la région alpestre était la seule qui attirât l'attention des industriels et des Pouvoirs Publics; actuellement les efforts se portent, non plus seulement sur les Alpes, mais encore sur les Pyrénées, sur le Massif Central et, à très bref délai, sur nos grands fleuves, le Rhône et le Rhin.

En nous servant des renseignements donnés par l'*Annuaire de la Houille Blanche pour 1922*, nous avons dressé le tableau suivant qui montre comment l'armement des différentes régions s'est accru (1).

(1) Nous faisons remarquer la différence qui sépare les estimations de l'*Annuaire de la Houille Blanche*, et les estimations que nous avons cité plus haut. Nous avons dit précédemment que la force actuellement captée devait être de 1.500.000 chevaux environ; les chiffres donnés dans l'*Annuaire* porteraient ce total à 2.125.000 chevaux, ce qui nous paraît très exagéré. Il nous a, toutefois, paru intéressant de citer les chiffres.

	1910		1917-1918		1922
	Force utilisable	Force utilisée	Force utilisable	Force utilisée	Force utilisée
Alpes.....	4.600.000	475.000	4.500.000	770.000	1.400.000
Massif Central..		51.000	1.300.000	140.000	225.000
Jura.....	1.800.000		500.000		50.000
Vosges.....			1.000.000		
			Rhin compris		
Pyrénées.....	2.800.000	25.000	1.550.000	230.000	450.000
Reste du Territoire		21.000	500.000		
TOTAUX....	8.600.000	602.000	9.350.000	1.140.300	2.125.000

Ce tableau montre que, « après avoir délaissé les Pyrénées et le Massif Central au profit des seules Alpes, l'industrie française tend à répartir ses efforts sur l'ensemble du territoire national. Pendant les hostilités, elle a surtout orienté ses espoirs du côté du Sud-Ouest, mais présentement, il semble qu'elle a particulièrement tourné ses regards vers le Centre. Celui-ci était naguère déprécié, du fait de l'instabilité du régime de ses cours d'eau, instabilité due à l'absence de glaciers. Mais on s'est avisé que des réservoirs judicieusement établis pourraient aisément régulariser les débits, en supprimant les dangers de crues, si préjudiciables à une agriculture prospère. De même, on s'est avisé que les Pyrénées comprenaient de nombreux lacs, qui pourront constituer des retenues, malheureusement oubliées lors de l'équipement des torrents alpestres. »

Pour nous résumer, nous citerons l'estimation de nos forces équipées ou en voie d'équipement, donnée par le Conseil Supérieur des Travaux Publics.

Le Sud-Est disp. de 4.000.000 de chev. dont 1.690.000 sont captés (1)

» Sud-Ouest »	1.500.000	» »	445.000	»
» Centre »	1.100.000	» »	365.000	»
» Est »	200.000	» »	58.000	»
» Rhône »	900.000	» »	38.000	»
» Garonne »	200.000	» »	40.000	»
» Loire »	300.000	» »	Tout à faire	
» Rhin »	800.000	» »	»	

Les ressources actuellement disponibles s'élevaient à 1.500.000 chevaux, mais le Conseil évaluait à 3 millions le nombre de chevaux qui seraient mis à la disposition de l'industrie de 1922 à 1937. Cette force serait fournie par l'aménagement du Rhône, de la Dordogne et d'une partie du Rhin, et par l'utilisation des chutes d'eau, situées dans les Alpes, dans les Pyrénées et dans le Massif Central, auxquels il n'a pas encore été fait appel.

Les projets d'aménagement du Rhône, du Rhin et de la Haute-Dordogne, dont il est question ci-dessus, nous ont paru assez importants pour que nous leur consacrons un paragraphe spécial.

3° Les grands projets.

Parmi les travaux qui doivent être, à bref délai, entrepris dans le domaine de l'industrie hydro-électrique, trois projets, nous l'avons dit, attirent particulièrement l'attention par leur envergure.

Ces projets sont l'aménagement du Rhône, du Rhin et de la Haute-Dordogne.

a) Aménagement du Rhône :

Nous n'étudierons pas le projet de l'aménagement du Rhône dans les détails; le sujet a été traité d'une façon très

(1) Ou en voie d'aménagement.

intéressante dans une thèse de la faculté de Lyon (1), et nous ne nous arrêterons qu'à la partie du projet relative au Haut-Rhône et qui intéresse particulièrement cette étude.

L'idée de l'aménagement du Rhône n'est pas neuve.

Dans un ouvrage datant de la Révolution, Boissel a insisté sur l'avantage qu'il y aurait à rendre le Rhône navigable dans la partie de son cours qui coule entre la frontière et Seyssel. Poussant plus loin son idée, notre auteur envisageait l'établissement d'un canal latéral, qui aurait rendu les plus grands services pour la navigation et l'irrigation.

Dans ces dernières années, la question de l'aménagement du Rhône a été à l'ordre du jour. Bien des projets ont été conçus et ont rivalisé; l'un d'entre eux, après bien des discussions, a été définitivement adopté.

Le projet Blondel-Harlé-Mâhl, qui a finalement triomphé, pour la section dite du Haut-Rhône, a été étudié par une Commission technique nommée par la Ville de Paris et présidée par M. Lévy et a fait l'objet d'un rapport favorable en date du 9 juillet 1908.

Mais, la Ville de Paris, très intéressée, comme nous le verrons plus loin, à l'aménagement du Rhône, n'a pas voulu s'en tenir aux conclusions d'un rapport déjà vieux de dix ans, et, en 1917, elle nomma une sous-commission qui devait, d'erechef, étudier les différents projets. Le nouveau rapport, signé par M. Lalou, conclut également à l'adoption du projet Mâhl.

« Ce projet consiste à racheter par un barrage, la différence de niveau de 69 mètres existant entre le point si-

(1) Louis Bordeaux : *L'aménagement du Rhône*, Thèse, Lyon 1919.

tué au rocher de Bouquet, près de la station de Génissiat, et la frontière suisse, à Pougny. La distance, en suivant le développement des contours du Rhône, est de 23 kilomètres. Le barrage serait donc construit à Génissiat et aurait cette hauteur de retenue de 69 mètres. Grâce à la configuration du Rhône qui, sur ce parcours, traverse des gorges resserrées, le nombre des maisons noyées par le projet serait faible... La retenue d'eau, d'une longueur de 23 kilomètres formerait un lac de 180 hectares, utile pour la régularisation de la chute... Le débit de la chute varierait de 120 mètres cubes à la seconde, pendant les trois mois d'étiage, à 500 mètres cubes environ pendant les trois mois de hautes eaux.

... L'usine génératrice serait installée en aval du barrage, sur une banquette parallèle au fleuve, rive droite, et pourrait donner une puissance maximum instantanée de 240.000 kilowatts, ou 324.000 chevaux (1). Le voltage prévu serait de 120.000 volts.

En ce qui concerne la partie du Rhône, sise entre Génissiat et la mer, de nombreux projets ont été proposés. Avec des modalités différentes, chacun d'eux prévoit l'aménagement au triple point de vue de la force motrice, de la navigation et de l'irrigation.

La loi du 21 mai 1921 est venue fixer les conditions administratives de l'utilisation des forces hydrauliques du Rhône.

Il n'entre pas dans notre intention d'analyser ce document, mais il est intéressant de noter que l'aménagement

(1) Une puissance étant évaluée en watts, il suffit de diviser le nombre de watts par 736 pour obtenir la puissance en chevaux-vapeur. Un kilowatt vaut 1 cheval 3573.

du Rhône sera fait par des collectivités : départements, communes, sociétés, et non par des particuliers.

La Ville de Paris entrera dans le groupement, et l'art. 7 de la loi décide que le département de la Seine aura une option sur 200.000 kilowatts. Cette force sera amenée par un réseau haute tension, qui sera le plus étendu de France.

Les dépenses nécessaires pour réaliser le projet ont été évaluées par l'auteur à 500 millions pour la partie du Rhône située entre Lyon et la frontière, et à 800 millions pour la partie comprise entre Lyon et la mer. Etant donné le prix des matériaux à l'heure actuelle, M. Mähl a élevé son total de 13.000.000 de francs à 2 milliards.

Ces chiffres paraissent faibles, et si l'on s'en rapporte à l'opinion de M. Pawlowski, « l'opération coûtera sans doute 3 milliards; mais la force motrice captée représentera un contingent d'énergie égal à celui qu'on obtiendrait en consommant dans de bonnes conditions 4 à 5 millions de tonnes de combustibles. »

b) *L'aménagement du Rhin :*

L'article 358 du Traité de Versailles donne à la France, sur tout le cours du Rhin formant la frontière franco-allemande, le droit exclusif et absolu :

1° De prélever sur le débit du Rhin, l'eau nécessaire à l'alimentation des canaux de navigation ou d'irrigation construits ou à construire;

2° A l'énergie hydraulique du fleuve; à cet effet, tous les barrages nécessaires peuvent être construits.

L'exercice de ces droits est soumis à une condition : ne pas nuire à la navigabilité du fleuve. Pour surveiller le respect de cette condition, une commission, dite Commission Centrale du Rhin, a été créée par le Traité; elle com-

prendra des délégués des nations intéressées et est présidée par le délégué français, M. Charguérand.

Au début de 1920, le Ministère des Travaux Publics entreprit l'étude d'un plan d'aménagement complet du Rhin entre Bâle et Strasbourg, tant au point de vue de la navigation, qu'au point de vue de l'équipement hydro-électrique. En même temps, que le Ministère des Travaux Publics, la région économique de l'Est, c'est-à-dire le groupement des Chambres de Commerce, faisait une étude semblable.

Les suggestions proposées par les parties furent concentrées en un seul document. Le plan ainsi établi comprenait un canal de 116 kilomètres de longueur, dont le départ se faisait à Huningue, entraînant une dérivation de 800 mètres cubes d'eau à la vitesse de 1 m. 20 à la seconde ; 8 chutes de 10 à 12 mètres, comportant chacune des écluses propres à des convois de chalands de 1.200 tonnes et une usine hydro-électrique.

La force hydraulique ainsi captée représentait 800.000 chevaux environ.

Le plan entier ne pouvait être réalisé d'un seul coup, mais seulement par sections successives au fur et à mesure des besoins et des ressources. La première partie du programme était l'aménagement de la section dite de Kembs.

Conformément au Traité, le Gouvernement français saisit la Commission Centrale du Rhin de cette portion du projet global.

L'aménagement de la section de Kembs fit l'objet de critiques très vives. On lui opposât le projet de régularisation du lit même du fleuve entre Bâle et Strasbourg.

Empêcher la France de construire le canal de dérivation, c'était la priver de toute la force électrique à laquelle le Traité lui donne droit. La Commission Centrale n'avait pas

ce pouvoir, mais seulement celui de s'assurer que le projet français ne nuisait pas à la navigabilité du fleuve. Aussi avait-elle demandé qu'on modifiât certaines dispositions techniques du projet (1).

Les délégués français lui ont donc soumis, en avril 1922, un projet d'aménagement de la section de Kembs, modifié en remontant le barrage plus en avant de façon à réduire la vitesse du courant à 0 m. 70 environ.

A l'heure actuelle, l'accord est fait sur cette nouvelle base, et la Commission Centrale a donné son approbation au programme de la section de Kembs, qui a été soutenu à Strasbourg par MM. Mahieu et Sylvain Dreyfus, inspecteurs généraux des Ponts et Chaussées, délégués de la France à la Commission Centrale.

Le Parlement est saisi du projet de loi nécessaire à l'octroi de la concession.

La Compagnie Nationale du Rhin français est actuellement en voie de constitution. Cette société comprendrait à titre collectif : la Région économique de l'Est ; à titre individuel : la Société de Kembs et la Société d'Etudes de la Navigation du Rhin, la Ville de Strasbourg, les Chambres de Commerce de la région de l'Est : Nancy, Epinal, Reims, Troyes, Bar-le-Duc, Saint-Dizier, Charleville, Châlons, Sedan, Lure, Saint-Dié, Metz, Besançon, Dijon, Gray, Vesoul, Belfort, Beaune, Colmar et Mulhouse.

Il reste à espérer que le Parlement ne fera pas trop attendre le vote de la loi qui doit permettre la mise en mouvement des travaux.

c) *L'aménagement de la Haute-Dordogne :*

Les projets d'aménagement de la Haute-Dordogne sont

(1) Séance du 25 février 1921.

entrés dans leur phase active avec le vote de la loi des finances du 31 juillet 1920.

L'art. 133 de ladite loi autorise le Ministre des Travaux Publics à concéder à la Compagnie de Chemins de fer P.-O., pour les besoins de l'électrification de son réseau, l'aménagement de la Haute-Dordogne en amont de Pont de Vernéjoux.

Dès le vote de la loi, l'Administration a établi le cahier des charges; la concession a été accordée par décret; les travaux doivent commencer cette année; la puissance des chutes concédées est d'environ 200.000 kilowatts.

Les autres sections de la Haute-Dordogne n'ont pas encore été concédées; plusieurs groupements se sont présentés : d'abord, la Compagnie P.-O., qui a établi un vaste plan d'électrification des voies; puis la 17^e région économique (Clermont); enfin, la 7^e région économique (Limoges).

Ces demandes sont actuellement à l'instruction (1).

Avant de terminer ce paragraphe, nous voulons consacrer quelques lignes à un projet d'une nature nouvelle, qui est l'utilisation de la force des marées pour la production de l'électricité.

Le gouvernement a décidé de faire à ses frais une expérience dans ce sens.

Le Parlement est saisi d'un projet de loi autorisant la création de la station maré-motrice de l'Aber Wrach, près de Brest. Si l'essai tenté par les Pouvoirs Publics réussit :

(1) Depuis que ces lignes ont été écrites, une Commission inter-ministérielle a mis au point un programme de Travaux Publics qui doit être exécuté par l'Allemagne au titre des réparations. Ce programme comprend l'aménagement du Rhône, de la Truyère, et de la Dordogne (voir Conclusion).

si, à l'usage, on peut équilibrer les recettes et les dépenses, il sera fait appel à l'initiative des collectivités intéressées pour mettre en marche de nouvelles stations marémotrices, auxquelles l'Etat apporterait, soit son aide financière, soit au moins sa garantie.

4° Comment les forces utilisées se répartissent-elles entre les industries ?

Le courant électrique issu des stations hydro-électriques sert à de nombreux usages. Les principaux d'entre eux sont :

- La distribution de force motrice;
- L'éclairage public et privé;
- La traction;
- L'électro-métallurgie;
- L'électro-chimie;
- L'agriculture.

D'autres industries telles que les papeteries et les scieries, n'emploient qu'une puissance trop faible, pour prendre place dans cette étude.

Avant la guerre, les entreprises de distribution force et lumière accaparaient la moitié des chutes aménagées; en 1910, la puissance employée dans ce sens était de 300.000 chevaux, ne laissant à l'électro-métallurgie et à l'électro-chimie que 220.000 chevaux d'une part et 60.000 chevaux d'autre part.

Cette proportion fut détruite pendant la guerre, au cours de laquelle les industries électro-métallurgiques et électro-chimiques se sont considérablement développées, par suite des besoins de la Défense Nationale. Nous avons vu plus haut que 500.000 chevaux moyens avaient été équipés entre 1915 et 1918; la répartition de cette puissance entre les

industries se faisait de la manière suivante : 220.000 chevaux étaient destinés à l'électro-métallurgie, 140.000 chevaux à l'électro-chimie et 190.000 aux industries de distribution.

Les besoins de la Défense Nationale ont donc permis de doubler la force réservée à l'électro-métallurgie et de tripler la force réservée à l'électro-chimie.

Au lendemain de la guerre, la répartition de la puissance pouvait se faire de la manière suivante : 43 0/0 va aux industries de distribution ; 37 0/0 à l'électro-métallurgie ; 17 0/0 à l'électro-chimie ; le reste, 3 0/0, étant employé dans les scieries ou les papeteries.

Cette statistique établie par M. Pawlowski est confirmée par celle que nous citons ci-dessous et qui est due à M. Côte, directeur du journal *La Houille Blanche*.

Distribution, 41 0/0 ; électro-métallurgie et électro-chimie, 55 0/0 ; 4 0/0 est placé sous la rubrique : « divers ».

Si l'électro-métallurgie et l'électro-chimie se sont, grâce à la guerre, développées considérablement, il ne semble pas que, dans la suite des temps, ces industries doivent conserver une importance comparable. Certainement, bien des chutes seront encore aménagées à leur profit, mais le gros effort sera maintenant porté sur la traction, ce qui rendra la place prépondérante aux industries de distribution.

Entrons maintenant dans quelques détails et examinons les différents débouchés de l'énergie hydro-électrique.

Force motrice. - Les moteurs électriques rendent à l'industrie les plus grands services.

« Les perfectionnements successifs apportés au moteur électrique, depuis le monstre qui est capable d'un travail de plusieurs milliers de chevaux, jusqu'au petit jouet, qui fait tourner les appareils électriques donnés aux enfants,

ont permis une divulgation très grande de cet appareil. Il n'est guère d'usine moderne qui ne prévoit la commande de chaque machine-outil par un moteur électrique indépendant. Un grand nombre d'usines anciennement construites se sont décidées à faire le sacrifice nécessaire à la transformation de leur outillage; pour le remplacement de la force vapeur ou gaz pauvre par la force électricité. La facilité de maniement et la propreté de l'usine militaient en faveur de cette transformation. »

La facilité d'adaptation du moteur électrique, a répandu son usage dans des industries très différentes : à Roanne, Lyon et Toulouse, il actionne les machines à coudre; dans la boulangerie, il a permis la diffusion des pétrins mécaniques, qui font le travail si fatigant du mélange des pâtes. En 1917, on comptait déjà plus de 500 pétrins électriques à Lyon; cet emploi s'est également généralisé à Paris, à Bordeaux, à Roanne.

Le moteur électrique trouve encore son emploi dans l'industrie à domicile, que les ouvriers des grandes usines préfèrent incontestablement lorsque leur métier le permet et qui, peut-être, ressusciterait, en France, la si intéressante catégorie des artisans, qui faisaient vivre autrefois les petites industries locales.

Malheureusement, les conditions hygiéniques dans lesquelles vivent les familles d'ouvriers ou d'artisans sont souvent défectueuses et c'est à une condition d'hygiène que vient se heurter le progrès scientifique.

Ajoutons que cette question de travail à domicile n'est pas en honneur auprès des chefs syndicalistes. Sans entrer dans une discussion qui ne trouverait pas sa place dans le présent travail, bornons-nous à mettre en présence les deux thèses : celle de M. Jouhaux, secrétaire général de la

C. G. T., et celle que nous trouvons dans un article de *l'Annuaire de la Houille Blanche*.

Thèse de M. Jouhaux :

« Dans quelques régions de France, le moteur électrique est très employé pour les métiers à domicile. Des économistes plus enthousiastes qu'intelligents ont même cru voir dans cette application du moteur électrique, un moyen de transformer la production en favorisant le retour du travail à domicile, et il est amusant de lire les déductions qu'ils en tirent. Plus de conflits avec les ouvriers, plus de grèves, plus de propagande syndicale possible. Inutile d'épiloguer sur la mentalité spéciale qui anime ces distingués économistes; l'erreur qu'ils commettent est grossière. C'est la concentration capitaliste qui a seule amené la disparition du travail à domicile et ce serait nier le progrès que de vouloir retourner vers un mode de production qui tend à s'effacer de plus en plus; aujourd'hui la mécano-facture remplace presque partout la manufacture; la production rationnelle exige la division du travail pour l'abaissement du prix de revient et l'avenir appartient aux vastes industries groupant dans les mêmes usines des quantités d'ouvriers.

C'est seulement là où cette concentration industrielle ne peut et ne pourra s'établir que subsistera le travail à domicile. C'est pourquoi l'application du moteur électrique se fait surtout dans les localités de la Haute-Loire et de la Loire, où se fabriquent la passementerie et le ruban, industries qui échappent à la concentration industrielle du fait de la variation de la mode, qui ne permet pas aux fabricants de constituer des stocks d'un même modèle et qui lui imposent de fabriquer au jour le jour et selon l'importance des commandes. »

Réponse à la thèse de M. Jouhaux :

« L'électricité constitue un bienfait social. Les sociétés modernes souffrent de maux provoqués par le développement intensif de la grande industrie. En concentrant le travail dans d'immenses usines, nos industriels ont grandement favorisé la tâche des pêcheurs en eau trouble du syndicalisme, de ces militants qui se sont donné la mission à leur unique profit de soutenir le prolétariat contre le patronat. Il est évidemment facile aux apôtres de la révolution ouvrière d'exercer leur emprise dans les établissements où la population des travailleurs est dense. Il en irait tout autrement si le travail était plus réparti, si les ateliers étaient disséminés et ne comportaient qu'un petit nombre de compagnons. Mais les industriels avaient dû recourir à la concentration de la main-d'œuvre pour diminuer leur prix de revient, et cela, faute de pouvoir livrer à domicile, à un prix économique, la force nécessaire à la mise en mouvement des machines... A l'heure actuelle, la diffusion de l'électricité, en permettant l'installation de petits moteurs au fond des campagnes les plus reculées, est venu au patron le moyen de tenter un retour en arrière, et d'essaimer un personnel trop concentré. Sans doute, il ne saurait être question de supprimer la grande usine... mais, dans bien des cas, les industries pourraient s'accommoder du travail à domicile et elles gagneraient à une dispersion de la main-d'œuvre. »

Emplois domestiques du courant. — Les emplois du courant électrique que nous plaçons sous ce titre sont : l'éclairage et le chauffage.

L'éclairage électrique, lorsqu'il apparut, produisit une véritable révolution.

La facilité d'adaptation aux immeubles, l'agrément d'une lumière claire, l'économie quotidienne, sont autant de rai-

sons qui firent adopter d'enthousiasme cette nouvelle invention par le grand public. Plus de lampes à pétroles à entretenir et à « moucher », plus de craintes d'asphyxie par les fuites de gaz, mais simplement un bouton à tourner et la lumière jaillit.

Et cependant, l'éclairage électrique ne fit en France que des progrès assez lents. Remarquons que la plupart des améliorations apportées à la technique de l'éclairage électrique sont d'origines étrangères et que la France reste un des pays les moins développés au point de vue de la diffusion de l'électricité; seules les villes et quelques rares villages bénéficient des avantages de l'éclairage moderne, alors qu'en Danemark, par exemple, toutes les bourgades de plus 4.000 habitants et un grand nombre de localités moins importantes sont ainsi éclairées. Les villages et les campagnes de France ignorent totalement ce qu'est une ampoule.

Il n'en est pas moins vrai que l'électricité permet sur les autres moyens d'éclairage des économies notables à intensité égale. Sur les données de la consommation à Paris, au début de 1922, avec comme base les prix suivants : l'électricité à 0 fr. 90 le kilowatt-heure (1); le gaz à 0 fr. 55 le mètre cube; le pétrole à 1 fr. 50 le kilogramme, le prix de revient pour une intensité de 50 bougies s'établit comme suit :

	Consommation par bougie - heure	Consommation par 50 bougies - heure	Prix pour 50 bougies
Lampe à filament métallique...	1 watt 2	60 watts	0 fr. 054
Bec Auer.....	2 litres	100 litres	0 fr. 055
Lampe à pétrole	3 gr. 4	170 gr.	0 fr. 25

(1) Faisons remarquer que le prix du kilowatt varie avec les tarifs du charbon, et selon la nature du courant. Pendant le

Bien que sujets à variation, ces chiffres sont intéressants; retenons-en que la lampe à filament métallique coûte plus de quatre fois moins que la lampe à pétrole et sensiblement le même prix que le bec à gaz. D'ailleurs cette similitude des prix de revient de la lampe électrique et du bec à gaz ne ressort que par une illusion de statistique : en effet, l'emploi de commutateur qui allume ou éteint instantanément la lampe électrique donne, sans aucun doute l'avantage à l'électricité.

Et, en fait d'économies, l'industrie n'a pas dit son dernier mot, puisqu'elle livre, dès maintenant, des lampes à filament métallique, dites demi-watt, qui consomment près de la moitié moins que les lampes à filament métallique anciennes.

Ces avantages incontestables devraient encourager le public à employer la lumière électrique partout, jusque dans les parties les plus reculées des campagnes. Mais les Compagnies de Distribution, qui ont à faire face, il est vrai, à des dépenses considérables pour l'établissement des réseaux à haute tension, ne semblent pas jouer encore le rôle bienfaisant qui, à cet égard, leur reviendra, et leurs exigences, si justifiées qu'elles soient, ainsi que les prix onéreux des installations particulières rebutent les petits clients.

Et pendant ce temps, dans la plupart de nos départe-

1^r semestre 1922, ces prix s'établissaient ainsi : Eclairage (basse tension), 0 fr. 90; Eclairage (haute tension), 0 fr. 605; Force (basse tension), 0 fr. 63; Force (haute tension), 0 fr. 455.

La Commission Supérieure de l'Electricité de la Ville de Paris a revisé ces tarifs et à partir du 1^r juillet 1922, les prix s'établiront respectivement de la manière suivante: 0 fr. 80; 0 fr. 535; 0 fr. 53; 0 fr. 385. Avant la guerre le kilowatt-éclairage, basse-tension contenait 0 fr. 70.

ments, la grande masse des consommateurs restent la proie des compagnies anglaises et américaines, qui savent fort bien vendre le pétrole à des « prix d'amis » !

Le chauffage électrique est encore bien moins employé en France. Avant la guerre, l'ignorance dans laquelle restait le public au sujet de cette découverte, l'absence d'appareils pratiques ont empêché la diffusion de cette application du courant.

Depuis la guerre, quelques progrès ont été faits ; on a constaté que ce genre de chauffage présentait sur les anciennes méthodes des avantages réels, tels que la production de la chaleur à l'instant et à l'endroit même de son emploi, un réglage facile, enfin qu'il n'entraînait aucune perte lorsque les appareils ne sont plus en service.

D'ailleurs, le prix de revient est assez élevé et, en général, on préfère laisser les choses en l'état présent plutôt que d'engager des dépenses importantes pour l'installation d'immeubles entiers.

D'autre part, la principale source de l'électricité nécessaire à cet effet sera fournie par les usines thermiques ; les usines hydro-électriques étant, en général, trop éloignées des grands centres pour espérer y trouver un débouché dans le chauffage.

Nous devons pourtant signaler des essais intéressants qui ont été faits : « On a utilisé avec succès le chauffage des chaudières à l'électricité. Les fabriques ayant leur force hydraulique propre et qui ne peuvent pas, ou qui ne peuvent que d'une manière insuffisante accumuler l'eau pendant la nuit dans des chambres de mise en charge, sont intéressées à transformer la nuit leur force perdue en chaleur, pour le chauffage des locaux de travail, ou pour la

production et l'accumulation de vapeur ou d'eau chaude »
Les essais tentés dans l'Isère ont donné de bons résultats
et plusieurs usines ont adopté cette solution.

Certaines autres applications domestiques du courant
ont été faites; elles ne présentent qu'un intérêt documen-
taire. Jamais ces applications ne seront des débouchés in-
téressants pour les stations génératrices de courant.

Telles sont la cuisine et le repassage électriques.

Nous nous bornons à les mentionner, car nous ne sau-
rions trouver des exemples un peu importants de ces ap-
plications.

La traction. — La traction électrique sur les chemins de
fer français n'est encoré que peu employée; seules quelques
lignes de montagne des Compagnies du Midi et du P.-L.-M.
et la ceinture de Paris utilisent ce mode de traction; dans
le centre, une compagnie de tramways est aussi assez im-
portante pour retenir l'attention. Les vastes programmes
établis par les Compagnies P.-O., Midi et P.-L.-M. laissent
prévoir un développement important, à bref délai, de cet
emploi du courant.

La force nécessaire à la traction électrique peut être ob-
tenue de deux manières; l'électricité sera produite soit
dans des usines thermiques, soit dans des usines hydro-
électriques.

Les centrales thermiques, qui alimentent les voies de la
banlieue, permettent une économie notable en combustible
par rapport aux locomotives. Tandis que le rendement sur
les machines n'est que de 7 à 8 0/0 du nombre des calories
contenues dans la houille, il s'élève à 25 ou 27 0/0 dans les
centrales; de plus, la houille de première qualité peut seule
être employée dans les foyers des locomotives, tandis que

les foyers des centrales se contentent de charbons inférieurs.

Et cependant, pour si intéressante que soit la production de l'électricité dans les centrales thermiques, elle nécessite toujours de très grandes quantités de houille, dont la France n'est pas riche; il faut alors avoir recours à l'importation d'Angleterre et d'Amérique, et chacun sait ce que cela veut dire.

C'est pourquoi, l'attention des compagnies a immédiatement été attirée par la houille blanche, force si répandue dans notre pays.

Pendant ces dernières années, l'industrie hydro-électrique, appliquée à la traction, a pris dans tous les pays un développement prodigieux, mais nulle part autant qu'aux Etats-Unis où 150.000 kilomètres de voies sont électrifiées.

« Il est clair que le moment est venu où la substitution de l'électricité à la vapeur comme force motrice peut être entreprise avec la certitude que les dépenses d'installations seront couvertes par les économies pour ce qui concerne, en Europe, les pays à population dense. »

La préférence donnée à la traction électrique est justifiée par les nombreux avantages qu'elle présente.

La traction électrique permet des économies sur le personnel : en effet, chaque train circulant n'a besoin que d'un mécanicien et d'un chef de convoi; le chauffeur est supprimé.

Elle réduit l'usure de la voie : par la suppression du freinage dans les grandes pentes, par la réduction du patinage des roues, par l'accroissement de souplesse et de stabilité des machines.

Elle réduit l'usure et l'entretien du matériel : les chau-

dières à vapeur s'usent vite à la suite des dilatations provoquées par les allumages et les extinctions successives des foyers; la fumée salit et encrasse les organes, tandis que le moteur électrique est d'un entretien facile. L'expérience prouve que les frais d'entretien d'un locomoteur électrique atteignent à peine le tiers des frais que nécessite la locomotive à vapeur.

A trafic égal, les locomoteurs sont moins nombreux que les locomotives à vapeur. Ils sont toujours prêts à fonctionner et permettent de gagner un temps appréciable par la suppression des ravitaillements en eau et en charbon. Les manœuvres dans les gares sont faites plus rapidement et le locomoteur n'ayant besoin ni de repos, ni de soins particulièrement attentifs peut travailler d'une façon continue. Tandis que la locomotive à vapeur ne peut guère rester plus de 6 à 7 heures par jour attelée à un train, le locomoteur pourra faire un service au moins double. D'ailleurs, l'expérience a prouvé que deux machines étaient remplacées par une seule motrice.

Enfin, l'électricité s'adaptant bien aux fortes rampes, il est permis d'abrégier le tracé des voies. Le matériel à boggies moderne passant facilement dans les courbes de faible rayon, la traction électrique permet d'adopter des tracés plus économiques d'établissement que ceux qu'aurait nécessité la traction à vapeur.

Différents courants électriques peuvent être employés pour la traction; chacun d'eux présente des avantages et des inconvénients, qui le font adopter ou écarter suivant le genre de trafic auquel il sera appliqué.

Quatre courants peuvent être envisagés : le courant continu à haute tension, le monophasé, le triphasé, le monotriphasé.

Le courant continu à haute tension se prête particuliè-

rement aux trafics urbains et interurbains, qui comportent des arrêts fréquents, des trains nombreux et une grande vitesse. L'emploi du courant continu permet des démarrages rapides, ce qui augmente considérablement la capacité des lignes.

Le monophasé sera de préférence employé sur les grandes lignes qui exigent une grande vitesse, mais un nombre restreint de convois et peu d'arrêts. Le moteur utilisé par ce courant est plus lourd, d'un entretien plus onéreux et d'un rendement faible d'environ 50/0 que celui du moteur à courant continu.

Le système triphasé sera principalement employé en montagne, car il permet, à la descente, la récupération automatique, d'une partie de l'énergie employée à la montée. Ce système a l'inconvénient de nécessiter des lignes aériennes compliquées et de manquer d'élasticité dans la gamme des vitesses.

Enfin, le monotriphasé est un courant monophasé qui est transformé en triphasé sur le locomoteur. L'inconvénient, signalé ci-dessus, des lignes aériennes compliquées est supprimé, mais le défaut d'élasticité reste entier.

Quel que soit le courant employé, un fait reste acquis : la traction électrique peut lutter économiquement avec la vapeur. « Les lignes les plus favorables à l'électrification sont les lignes urbaines et suburbaines, les lignes à trafic dense ou celles dont les trafics ne pourraient être développés à la vapeur sans installation nouvelle, enfin les lignes à longs tunnels et à fortes rampes. Pour ne citer qu'un cas entre tant d'autres, sur la ligne de Milan à Porto-Ceresio, de 130 kilomètres de longueur, le remplacement de la vapeur par l'électricité a accru le nombre des voyageurs de deux fois et demi, le parcours en train-kilomètres de qua-

tre fois et le nombre des trains est passé de 20 à 120. Quant au côté économique du problème, l'avantage reste à la traction électrique. Sur la ligne de Baltimore (où l'électricité permet de remorquer des trains de 1.600 tonnes), on a reconnu que la traction électrique avait donné lieu à une économie de 25 0/0 sur la traction à vapeur. La tonne kilométrique revient, en effet, à 0 fr. 715, alors que la moyenne des frais entraînés par la traction à vapeur des trains de marchandises de plusieurs compagnies américaines ressort à 0 fr. 815.

Ajoutons que la Compagnie des Etudes Suisses, après des calculs minutieux, a conclu que le coût du kilomètre-locomotive est avec la vapeur de 1 fr. 27 en moyenne, tandis qu'il n'est que de 0 fr. 73 avec l'électricité.

Nous avons insisté sur les avantages que présentent la traction électrique; ils sont nombreux et indéniables; mais elle présente aussi des inconvénients. L'impossibilité de faire marcher un locomoteur sur les lignes électrifiées avec un courant différent de celui pour lequel il a été construit ou sur des voies non électrifiées, oblige les compagnies à garder un grand nombre de machines à vapeur en réserve. Si nous admettons, et nous verrons que ce sera le cas, que toutes les lignes françaises soient dotées d'un même courant, il n'en reste pas moins vrai que, tandis que nos locomoteurs devront s'arrêter à la frontière, les locomotives à vapeur étrangères pourront circuler sur notre territoire.

De plus, des raisons stratégiques s'opposent à l'électrification de nos réseaux du Nord et de l'Est, car la menace, toujours latente, d'une invasion et le risque d'occupation d'une des centrales génératrices pourraient arrêter brusquement la circulation des trains, compromettant ainsi irrémédiablement nos chances de victoire. La traction élec-

trique est trop vulnérable, pour être laissée, en temps de guerre, à la portée de l'ennemi, c'est la raison pour laquelle il est peu probable que l'on songe jamais au remplacement de la locomotion à vapeur sur les réseaux situés sur la route séculaire des invasions.

La première ligne qui fut électrifiée, en France, est celle qui relie le Fayet à Chamonix. L'Etat fit cette expérience en 1901. En 1902, la Compagnie du Midi entreprend la transformation de la ligne de Villefranche à Pernet-les-Bains : la même année commence l'électrification de la Banlieue du P.-O. et la ligne souterraine qui va de la Gare du Quai d'Orsay à la Gare d'Austerlitz. Depuis cette date, d'autres lignes ont été outillées électriquement : Paris-Invalides-Versailles, Tarbes-Bagnères de Bigorre, etc.

Si intéressants que soient ces résultats, ils étaient peu importants. Des projets impressionnants viennent d'être adoptés et leur réalisation ne saurait tarder.

Jusqu'à ces dernières années, les Pouvoirs Publics ne s'étaient guère occupés de la question, et ce n'est que récemment qu'un règlement est intervenu imposant aux compagnies intéressées à l'électrification de leurs voies, l'emploi du courant continu à haute tension (1.500 volts). Sans discuter du bien-fondé de ce règlement, reconnaissons qu'il est tardif, puisque sans tenir compte des efforts déjà réalisés par plusieurs compagnies, il implique des modifications de matériel.

Exemples :

La Compagnie du Midi a remplacé la traction à vapeur par la locomotion électrique sur quelques-unes de ses lignes de montagne, où les fortes déclivités ne permettaient pas un bon rendement. Le courant choisi fut le monophasé ; la fréquence du courant étant de $16 \frac{2}{3}$ périodes, lui per-

mettait avec peu de transformations l'utilisation du courant 50 périodes; la tension adoptée était de 12.000 volts. L'énergie était fournie par des groupes d'alternateurs donnant aux bornes une tension de 6.000 volts; un premier groupe de transformateurs élevait cette tension à 60.000 volts, puis d'autres transformateurs établis de loin en loin sur le bord de la voie ramenaient le voltage à 12.000 volts.

Les usines de Soulom et d'Eget, chacune d'une puissance de 18.000 chevaux, alimentaient les lignes des Pyrénées Centrales, tandis que la ligne des Pyrénées Orientales avait son usine propre à Fontpédrouse.

C'est en 1914, que la Compagnie mit en service les lignes électriques de Tarbes à Bagnères de Bigorre (22 km.) et de Lourdes à Pierrefittes (21 km.); l'économie de charbon réalisée sur ces deux lignes était de 9 tonnes par jour. Les projets primitifs de la compagnie comportaient l'électrification de 600 kilomètres de voies, ce qui aurait valu une économie de 90 tonnes de charbon par jour, soit près de 33.000 tonnes par an.

Le réseau de l'Etat a, lui aussi, prêté d'exemple en électrifiant une partie des lignes de banlieue. La raison qui a motivé cette transformation est le développement énorme du trafic, auquel la traction à vapeur ne pouvait plus suffire. Le courant continu haute tension a été choisi.

Sans entrer dans le détail de la technique de l'installation des lignes de banlieue, qui ne nous intéresse pas, puisque le courant qui les alimente a une source thermique; nous ne pouvons passer sous silence les résultats économiques que cette transformation a apportés.

Le trafic de la ligne Invalides-Versailles augmentait avec la vapeur de 2 à 3 0/0 par an; depuis l'électrification, on a enregistré une augmentation de 12 à 13 0/0. Sur la li-

gne Paris-Juvisy, les mêmes résultats ont été obtenus. C'est dire les avantages de rendement que procure la traction électrique.

Dans le centre existe une compagnie de tramways qui dessert le département de la Haute-Vienne.

Cette compagnie a donné un bel exemple de célérité, puisque un an et demi après les essais, le réseau entier, d'un développement de 345 kilomètres, a été équipé pour du courant monophasé, 10.000 volts, 25 périodes, fourni par l'usine hydro-électrique d'Eymoutiers sur la Vienne.

Dans tous les cas où elle a été employée, la traction électrique a donné les meilleurs résultats, non seulement dans le domaine de l'exploitation proprement dite du réseau, mais encore au point de vue économique. C'est grâce à ces heureuses expériences que de vastes projets, dont nous parlerons plus loin, ont été mis à l'étude et sont près d'être mis en œuvre.

Electro-Métallurgie. — L'application du courant électrique à la métallurgie est d'origine récente et en peu d'années, elle a fait de considérables progrès. L'avenir donnera peut-être un développement encore plus important à cette industrie, qui est liée à la mise en valeur de nos forces hydrauliques.

L'essor pris par l'électro-métallurgie a été rendu possible par la création, puis par les perfectionnements apportés au four électrique, invention française.

L'électro-métallurgie a permis de produire industriellement certains corps qui n'étaient auparavant que des produits de laboratoires; l'exemple le plus frappant est celui de l'aluminium.

L'aluminium, qui est employé, soit dans l'industrie électrique, à cause de sa conductibilité supérieure à celle du 6

cuivre, soit dans la mécanique, à cause de ses propriétés de résistance et de légèreté, se trouve à l'état naturel dans la bauxite, minerai dont la France est riche. En 1850, l'aluminium n'était fabriqué qu'en petites quantités dans les laboratoires; à cette époque le prix du kilogramme était de 1.250 francs. En 1887, Héroult appliqua la méthode de l'électrolyse à la fabrication de l'aluminium : dès ce moment, l'emploi industriel du métal devenait possible. En 1892, le kilogramme valait 7 fr. 50; 3 francs en 1897; en 1911, il était descendu à 1 fr. 50 le kilogramme.

La consommation mondiale de ce produit augmentait avec l'abaissement du prix de revient. Elle était de 15 tonnes en 1885; elle passait à 45.000 et 60.000 tonnes en 1911 et 1912. Actuellement, l'emploi de l'aluminium s'est généralisé et la production de la France seule dépasse aujourd'hui les 60.000 tonnes mondiales de 1912.

Là ne se borne pas l'emploi du four électrique. Il se trouve encore à la base de la fabrication des aciers. Pendant plusieurs années les aciers électriques avaient mauvaise réputation; on leur reprochait une qualité moindre à prix égal que celle que présentaient les aciers ordinaires. Ces reproches n'étaient pas fondés et, actuellement, l'industrie emploie de grandes quantités d'aciers électriques.

La production de la France était, avant la guerre, de 28.000 tonnes; en trois ans, elle a doublé et le nombre des fours électriques était en 1918 de quarante.

Il a été procédé dans ces toutes dernières années à des expériences de hauts-fourneaux électriques. Cette invention toute nouvelle n'est pas encore au point, et la fabrication électrique de la fonte n'est pas encore généralisée. Il n'en reste pas moins que cette application ouvre des horizons nouveaux, et il est à croire que l'avenir verra les

hauts-fourneaux électriques remplacer les hauts-fourneaux actuels.

Enfin, une des branches les plus actives de l'électro-métallurgie est la fabrication des ferros-alliages, obtenus par le mélange de la fonte de fer à d'autres métaux, tels que le silicium, le manganèse, le chrome, le nickel, etc... Ces alliages présentent des propriétés différentes, soit de résistance, soit de souplesse qui les font employer dans de nombreuses industries mécaniques.

Les résultats obtenus en électro-métallurgie sont donc très importants. Peut-on espérer qu'ils vont s'accroître ? C'est ce que nous étudierons dans le chapitre suivant.

Electro-chimie. — Comme l'électro-métallurgie, l'électro-chimie est une industrie nouvelle. C'est en 1895, qu'eut lieu la première application de cette invention pour la fabrication du carbure de calcium.

« La préparation des corps par voie électro-chimique présente de nombreux avantages sur les réactions purement chimiques. La mise en œuvre des matières est plus simple et elles sont utilisées plus directement. On a peu de déchets et le rendement est meilleur. »

La fabrication du carbure de calcium prit tout de suite en France une grande importance. Trop grand même puisqu'en 1905, une crise grave vint compromettre cette industrie. Relevée après plusieurs années d'efforts, l'industrie du carbure fabriquait, avant la guerre, 45.000 tonnes sur les 300.000 tonnes de la production mondiale.

Le carbure sert à de nombreux usages : mélangé d'eau, il donne l'acétylène, qui, malgré sa manipulation dangereuse, révolutionna certaines branches de l'éclairage avant l'apparition des lampes électriques. Actuellement le car-

bure a trouvé un débouché important dans la soudure autogène des métaux, qui permet d'obtenir au moyen d'un chalumeau spécial et par la combustion de l'acétylène et de l'oxygène de l'air une chaleur telle qu'il est possible de sectionner les plaques de fer les plus épaisses.

L'électro-chimie permet encore la fabrication de produits azotés; ce sont: d'une part, les nitrates et l'acide nitrique; d'autre part, la cyanamide de calcium. Les nitrates sont employés dans l'agriculture comme engrais et l'acide nitrique est à la base des explosifs, ce qui explique la consommation énorme qui fut faite de ce produit pendant la guerre. La cyanamide est un engrais d'une grande richesse; elle remplace avantageusement les guanos du Chili.

Enfin, l'électro-chimie permet la production des composés chlorés. Le chlore et les hypochlorites (eau de Javel) sont employés dans la teinturerie; les chlorates entrent dans la composition des explosifs et des allumettes.

La fabrication des composés chlorés s'est heureusement développée en France, les méthodes électriques ayant à peu près partout remplacé les anciens procédés purement chimiques. La plupart des produits, servant à la fabrication des matières colorantes, étaient avant la guerre l'apanage de l'Allemagne; un mouvement semble s'être dessiné, en France, pour rattraper le temps perdu. Il est juste d'avouer que nous n'avons pas encore acquis en cette matière la maîtrise que l'expérience avait donné à nos rivaux. Toutefois les progrès constants et le développement progressif de ces produits peuvent devenir, pour la France, et pour l'industrie hydro-électrique, une source de prospérité.

Agriculture. — Depuis de nombreuses années déjà, des agriculteurs hardis ont transformé l'outillage de leurs établissements agricoles et ont remplacé les commandes à bras ou à vapeur de leurs machines par la commande électrique. Les exemples de cette adaptation ont donné de bons résultats.

Les applications de l'électricité à la ferme sont nombreuses.

Dans une vaste exploitation où une grande variété de cultures sont pratiquées, où l'élevage du bétail est développé, nul doute que l'électricité ne rende de grands services et ne permette même une économie notable sur la main-d'œuvre.

Quels sont donc les emplois du courant électrique ?

Le labourage. La question du labourage électrique n'est pas neuve. Les premiers essais remontent à 1879 ; ils ont été faits par MM. Chrétien et Félix dans les terres de la sucrerie de Sermaize (Marne). A partir de 1894, l'Allemagne prend la tête du mouvement en faveur du labourage électrique et de tous côtés des tentatives, encouragées par le gouvernement sont faites. Depuis la guerre, la grande industrie française, qui autrefois se désintéressait des questions agricoles, semblent avoir pris la question en main.

Actuellement, il s'est formé en France des coopératives de labourage électrique ; elles sont au nombre de trois :

La Coopérative de Culture Mécanique de Multien, en Champagne, fondée en 1916 ;

Le Syndicat Forézien de Culture Mécanique, fondé en 1917 ;

La Société Coopérative de Labourage Electrique Sud-Versailles, fondée à Orsay en 1916.

La commande des machines. Plus généralisée que le labourage, la commande électrique des machines employées dans la ferme n'est pas encore universellement adoptée, et il s'en faut même de beaucoup. A l'exception de quelques établissements modèles que nous citerons plus loin, et dont l'installation électrique est à peu près complète, la plupart des exploitations dotées de l'électricité ne l'emploient qu'à de rares usages.

Les batteuses, les scieries, les machines à glacer, les pompes de tous genres, les turbines à sucre, les écrémeuses, les barattes, les broyeurs de toutes espèces, les moulins, les pressoirs, etc..., peuvent être commandés électriquement.

Il est un autre usage de l'électricité en agriculture que nous signalerons, c'est l'électro-culture.

L'électro-culture consiste à utiliser les courants à haute tension pour la culture intensive des plantes. Ce nouvel usage n'en est encore qu'à la période d'essais; nous n'insisterons donc pas.

Parmi les exploitations agricoles employant le courant électrique pour la commande de leur outillage, nous citerons en premier lieu le domaine de la Rébutinière, en Sologne, installé, en 1901, par M. Rousseau.

Une chute de 15 chevaux actionne l'usine, qui fournit l'éclairage du château et de la ferme et le courant nécessaire à l'exploitation. L'électricité commande les batteuses, tous les appareils de laiterie, une scierie, une pompe centrifuge et une machine frigorifique.

D'autres installations plus ou moins récentes sont encore à citer :

La ferme de Noisy-le-Roi à M. Wallet;

La ferme et le château de Beauregard, dans le Morbihan;

Le domaine de Torchamp;

La ferme de Dieufit;

Le domaine du Courtillet, dans l'Oise;

La ferme de Sainte-Suzanne, dans l'Aisne, appartenant à S. A. S. le prince de Monaco, qui fut complètement ravagée par la guerre, et qui fonctionne à nouveau avec un matériel tout moderne.

Nous n'avons cité que les exemples les plus marquants; ils ne sont pas isolés. Il faut pourtant se garder de croire à une utilisation très grande de l'électricité en agriculture; nous n'en sommes pas encore là. Nous verrons dans le chapitre suivant, si l'avenir nous permet d'espérer une modification profonde des exploitations agricoles.

L'énumération que nous avons faite des différents emplois de l'énergie hydro-électrique n'est pas complète, « dans bien d'autres domaines encore, l'électricité a trouvé son application et un chapitre pourrait être utilement consacré aux nouvelles découvertes de la science, qui sont autant de débouchés pour l'industrie hydro-électrique, notamment dans l'industrie du froid, l'ozonisation de l'air et de l'eau, l'électricité médicale, etc... Les ressources de l'électricité sont telles qu'on ne peut prévoir où s'arrêteront les recherches des savants et des ingénieurs qui y ont consacré leurs études ».

5° *Quels capitaux ont été engagés ?*

L'opinion qu'aucun effort sérieux n'avait été fait, avant la guerre, pour la mise en œuvre de nos ressources hydrauliques, s'explique par le mince résultat qui avait été obtenu, si on le compare aux disponibilités que la nature a mis à notre disposition.

Les capitaux qu'exigent toute entreprise hydro-électri-

que sont importants; les dépenses ne peuvent se répartir sur un grand nombre d'années, car les travaux à entreprendre doivent être exécutés intégralement avant la mise en exploitation de l'usine. La station proprement dite, les barrages, les conduites forcées, les travaux de régularisation du régime des eaux sont autant de dépenses considérables auxquelles il faut faire face.

L'industrie hydro-électrique demande, pour une force égale, des capitaux très supérieurs, que l'industrie thermo-électrique, et c'est la raison pour laquelle il peut sembler, au premier examen, que la France n'ait pas su faire tout l'effort nécessaire. Les chiffres montreront que cette opinion n'est pas juste et que l'effort financier a déjà été sérieux.

En 1910, M. Pinot évaluait à 440 millions les capitaux investis dans les industries de distribution et de traction.

Pour la distribution, force et lumière, seule cette somme s'élevait, en 1914, à 550 millions, et la traction absorbait 3 millions et demi pour les chemins de fer de la Haute-Vienne et environ 60 millions pour Compagnie du Midi, non compris les frais d'infrastructure et de superstructure des voies.

En ce qui concerne l'électro-chimie et l'électro-métallurgie, les capitaux impartis atteignent 110 millions en 1910 et environ 125 millions en 1914.

Le total des sommes consacrées à l'industrie hydro-électrique s'élevait donc, en 1914, à environ 750 millions de francs.

Les résultats acquis pendant et après la guerre ont exigés des sacrifices financiers autrement considérables.

Les travaux exécutés entre 1915 et 1918 ont demandé un nouvel appoint de 650 millions environ; de décembre

1918 à septembre 1921, les capitaux engagés dans l'industrie de la houille blanche dépassent un milliard de francs. Cette somme se compose de 525 millions au titre d'actions, 445 millions au titre d'obligations et de bons ; enfin, 70 millions ont été dépensés par des sociétés métallurgiques, telles que Firmigny ou Pont-à-Mousson, ou par des particuliers (Renaud, Chaux), pour des installations d'essai.

A ce jour, le total des ressources consacrées à l'industrie hydro-électrique, a déjà atteint environ 2 milliards et demi de francs.

6° *Direction d'ensemble et législation.*

a) *Direction d'ensemble.* — La direction d'ensemble qui groupe à peu près toutes les sociétés hydro-électriques est la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques.

Le 15 janvier 1901, étaient jetées, à Grenoble, les premières bases du groupement, qui devait, dans la suite, devenir la « Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques, de l'Electro-Métallurgie, de l'Electro-Chimie et des Industries qui s'y rattachent ».

Quelles étaient les personnes qui adhèrent à ce groupement ? « Tous ceux qui, dans la région dauphinoise, se consacraient au développement des forces hydrauliques et à la mise en valeur de nombreuses chutes non aménagées. »

La législation relative à l'utilisation des cours d'eau était alors presque inexistante ; la Chambre Syndicale étudia des projets qui, plus tard, furent déposés devant le Parlement au titre de propositions de loi.

L'industrie hydro-électrique était mal connue du public ; une réclame judicieuse devait être faite pour attirer l'attention ; à cet effet le Syndicat prit l'initiative de réunir à

Grenoble, en 1902, le premier Congrès de la Houille Blanche. « Des études techniques, juridiques, économiques, firent l'objet des discussions du congrès; celles-ci furent complétées par des visites aux principales usines et installations de la région alpestre. Le succès répondit aux efforts des organisateurs; l'industrie des forces hydrauliques avait brillamment affirmé sa vitalité et montré les ressources qu'elle pouvait offrir dans l'avenir. »

Actuellement, la Chambre Syndicale compte 147 adhérents répartis de la façon suivante : 68 au groupe du Transport de l'Energie Electrique; 38 au groupe de l'Electro-Métallurgie et de l'Electro-Chimie, 41 au groupe des industries diverses et des chutes non aménagées. La puissance globale des usines appartenant aux adhérents atteignait, en 1920, environ 820.000 chevaux; les capitaux engagés dans les sociétés syndiquées s'élevaient à 920 millions de francs.

Nous avons vu que la Chambre Syndicale a collaboré avec les Pouvoirs Publics dans l'ordre législatif et administratif; là ne se borne pas son activité : « Elle est disposée à accueillir les tentatives et les études techniques qui sont faites dans le but d'arriver à un meilleur rendement des appareils en usage dans l'industrie hydro-électrique. C'est ainsi, en particulier, qu'elle a suivi et encouragé les travaux de la commission d'études des essais des turbines, dont la création avait été décidée au lendemain du Congrès de la Houille Blanche, en 1902, et qu'elle a été largement représentée par ses adhérents au Congrès International des Applications de l'Electricité, tenu à Marseille en 1908. »

Un 2^e Congrès de la Houille Blanche devait se réunir à Lyon en 1914; la guerre a empêché ce projet d'aboutir, mais les travaux produits à cette occasion ont été publiés par les soins de la Chambre Syndicale.

A côté de ce groupement important, on trouve d'autres comités plus jeunes et dont l'activité est aussi grande.

D'abord la Société Hydro-technique de France, créée en 1912, qui se consacre aux recherches d'ordre purement technique.

Puis le Comité Consultatif des Forces Hydrauliques, organisé par la loi du 16 octobre 1919 auprès du Ministère des Travaux Publics. Son rôle consiste à donner son avis sur toutes les questions qui lui sont soumises, telles que les cahiers des charges-type, les projets de règlements d'administration publique, les projets de loi de décrets approuvant une concession ou accordant une autorisation, etc.

Cet organisme a, déjà, depuis sa formation fourni un travail considérable.

b) *Législation.* — Le développement de l'industrie hydro-électrique a rencontré, en plus des difficultés d'ordre technique et économique, des obstacles d'ordre juridique.

La législation relative à l'utilisation des cours d'eau dressait en face l'un de l'autre deux adversaires inconciliables: l'agriculteur et l'industriel. Les Pouvoirs Publics se devaient de faire cesser cet état de choses; la conciliation des intérêts divergents était le premier but à atteindre; il fallait aussi étudier la manière de faire profiter l'Etat du développement de l'industrie hydro-électrique, en lui réservant une part dans l'exploitation. Ce double but ne fut atteint qu'au lendemain de la guerre par la loi du 16 octobre 1919, qui était impatiemment attendue et qui a déçu nombre d'industriels. Cette loi, bonne dans sa première partie, est quasiment indéchiffrable dans sa deuxième partie, relative aux industries déjà existantes.

Situation avant la loi. — Au point de vue juridique, les cours d'eau sont divisés en deux catégories :

Les rivières navigables ou flottables ;

Les rivières ni navigables ni flottables.

Les premières sont celles qui sont susceptibles de servir à la navigation, « portant bateaux » comme se mentionne l'Edit d'Août 1669, ou qui peuvent, par la seule impulsion du courant, porter des trains de bois d'un point à un autre de leur cours.

La deuxième catégorie renferme tous les autres cours d'eau naturels.

Les Pouvoirs Publics n'ont jamais consacré leur attention qu'aux rivières navigables ou flottables qui, en fait, étaient les plus importantes ; elles appartenaient au domaine public ; le lit et l'eau de ces rivières étaient donc imprescriptibles et inaliénables. Lorsque l'industrie voulait utiliser la force de ces cours d'eau pour ses besoins, elle trouvait dans un régime de concession et d'autorisation administratives, la satisfaction de ses désirs et des complications assez grandes. C'est ainsi que la Société des Forces Motrices du Rhône obtint une concession de Travaux publics, par la loi du 7 juillet 1892, l'autorisant à dériver le cours du Rhône aux portes de Lyon.

Les rivières non navigables ni flottables étaient de trop peu d'importance pour attirer l'attention des Pouvoirs Publics ; elles n'appartenaient pas au domaine public, par conséquent le lit de la rivière était la propriété des riverains ; lorsque chaque rive appartenait à un propriétaire différent, le lit se divisait en deux parties suivant une ligne médiane. L'usage de l'eau était laissée aux riverains à la condition que cet usage ne modifie en rien les droits appartenant aux autres propriétaires.

Ces cours d'eau, dits du domaine privé, étaient généralement ceux qui intéressaient le plus les industries hydrau-

liques. En effet, ces rivières étaient, la plupart du temps, impropres à la navigation du fait de leur forte pente, donc de leur courant rapide, et c'est là une des qualités principales que recherchaient les industriels. Quelle était la situation de l'usiner qui voulait s'établir sur une rivière de cette catégorie ? Pour avoir l'usage complet de l'eau, il devait d'abord acquérir la propriété des rives sur lesquelles il devait construire les ouvrages nécessaires à la mise en marche de l'exploitation ; puis il devait s'entendre avec les riverains inférieurs pour le cas où le fonctionnement de l'usine changerait le régime du cours d'eau ou modifierait les quantités d'eau utilisables ; enfin, il devait acheter, souvent à chers deniers, la certitude de n'être pas exposé, lorsque les travaux seraient terminés, à des réclamations inattendues, aboutissant à des restitutions en nature qui le ruineraient.

« Dès lors, la spéculation voyait s'ouvrir devant elle, une profitable carrière. On vit des gens acquérir des droits de riveraineté dans le seul but de se faire barreaux de chutes. Le barreau prenait l'avance lorsque l'aménagement d'une chute d'eau était à l'étude, s'empressant d'acquérir dans la zone intéressée, quelques mètres de rives ou les droits de riveraineté y attachés, et dressant ainsi devant l'usiner, un obstacle presque insurmontable, ce dernier devant accepter les conditions léonines du barreau ou renoncer à son entreprise. Puis, les conditions de l'intervention des spéculateurs se sont, en général, modifiées ; le barreau est devenu pisteur, réunissant l'ensemble des droits nécessaires à l'utilisation des chutes qui se présentent dans les conditions les plus favorables et ne les cédant à l'industriel vraiment désireux de les aménager qu'à des prix hors de proportion avec leur véritable valeur. Ce coût-

teurs intermédiaire n'exige pas de l'industriel des sacrifices moins grands que ceux entraînés auparavant par la présence des barreaux et un grand nombre d'usines traînent ainsi comme un poids mort, des charges qui pèsent lourdement sur leur exploitation. »

L'Administration, qui n'avait de pouvoir d'intervention que dans des cas strictement délimités (loi de 1898, art. 2, libre écoulement des eaux, sécurité et salubrité publiques, répartition des eaux, irrigation), ne pouvait arbitrer ces conflits sans que sa décision fût entachée d'excès de pouvoir. « Limitée ainsi dans son action par la loi et par la jurisprudence, l'Administration se voit dans l'impossibilité de remplir la mission la plus haute qui lui incombe, celle de diriger toutes les eaux du territoire vers un but d'utilité générale. »

Solutions proposées. — Parmi les solutions proposées pour résoudre le problème de l'intervention du législateur, les unes émanent de l'initiative parlementaire ou gouvernementale, les autres procèdent de l'initiative privée d'industriels, d'économistes ou de jurisconsultes.

Système de la licitation. — La force motrice d'un cours d'eau étant une richesse indivise, entre les riverains, certains esprits ont pensé que la solution cherchée se trouvait dans une licitation qui permettrait à l'industriel de se rendre acquéreur de la totalité de la chute ou de la portion du cours d'eau envisagées, malgré le mauvais vouloir des intéressés.

Ce système fut proposé au Congrès de la Houille Blanche de 1902, par M. Michaud.

M. Michaud estimait que la situation des riverains d'un cours d'eau se rapprochait de l'indivision, en ce que l'objet qu'ils possèdent en commun ne recevra toute la valeur

économique dont il est susceptible que lorsque toutes leurs parts auront été réunies dans les mêmes mains. L'intérêt public exige donc que la législation favorise cette concentration.

Le système proposé cherchait encore à éloigner des spéculateurs en obligeant les acheteurs éventuels, à déposer un cautionnement important fixé par le cahier des charges.

Le rôle de l'Administration se bornait à donner des avis sur les sectionnements proposés; pourtant elle pouvait s'opposer à la licitation à la condition d'obtenir « la déclaration d'utilité publique d'ouvrages ayant pour objet l'utilisation de la force motrice sur un parcours comprenant au moins en partie le tronçon dont la licitation est demandée ».

Enfin, dans le cas où l'Administration désirait aménager, elle-même, une chute destinée à alimenter des services publics, elle était toujours libre d'user de son droit d'expropriation.

Système de l'Association Syndicale. — La loi du 21 juin 1865 a donné aux propriétaires ruraux le droit de se syndiquer pour opérer à frais communs certains travaux d'amélioration agricole. La majorité des propriétaires intéressés suffit à la formation de ces syndicats lorsqu'ils ont fait l'objet d'une autorisation; ils peuvent, de plus, obtenir la déclaration d'utilité publique qui leur donne le droit d'expropriation.

MM. Hauriou et Ader proposèrent d'étendre le système de l'Association Syndicale à l'Industrie de la Houille Blanche, en réservant, de plus, une place à l'Administration dans le sein des syndicats.

Ce système fut très rapidement écarté eu égard aux mau-

vais résultats obtenus par les associations syndicales en général.

Système de la concession. — Nombreux sont les auteurs, qui ont cherché dans le système de la concession la solution du problème de la réglementation de l'industrie hydraulique.

Deux conceptions différentes se sont trouvées en présence :

Le régime de la concession de Travaux Publics, dans lequel le concessionnaire n'a pas la propriété de l'usine, mais en a seulement la jouissance pendant un temps déterminé (1);

Le régime de la concession appliqué aux mines, qui ferait du concessionnaire le propriétaire perpétuel de l'entreprise (2).

Cette dernière proposition trouva dans le monde des économistes des adversaires et des défenseurs, et donna naissance à une série d'articles ou à des chapitres de cours qui soutenaient le pour et le contre du système.

Ainsi, MM. Colin et Capitant, dans leur *cours de Droit Civil*, s'expriment : « Un cours d'eau comporte naturellement plusieurs sortes d'utilisations... Mais il y en a d'autres, et la captation de la force motrice en est une, qui peuvent et doivent se faire équitablement au profit du public tout entier. Aucun texte ne soumettant cette valeur économique à l'approbation privée, il faut lui donner sa destination rationnelle, qui est sociale et collective. Ce système, en ce qui concerne la houille blanche, aboutira à la pratique de concessions d'Etat sur le modèle des concessions minières. »

(1) Projet Beaudin.

(2) Projet Jonnart.

M. Gide, dans son *Cours d'Economie Politique*, est opposé au système de la concession type mines. Après avoir exposé les griefs qu'il relève contre les concessions de mines en général, il ajoute : « Ces griefs ont bien plus de force ici (dans le cas de concession hydraulique), car si la perpétuité de la concession des mines de houille noire se trouve en fait limitée par la durée de la mine qui tôt ou tard s'épuise, au contraire la perpétuité de la concession de la chute équivaldrait vraiment à l'éternité... Il faut donc que la concession soit à terme avec un terme assez éloigné pour donner à l'industrie toute la sécurité nécessaire et, au besoin, avec droit de rachat anticipé. »

Nous verrons en étudiant la loi du 16 octobre 1919, que le législateur a adopté un principe s'inspirant nettement de celui de M. Gide.

Système de l'abstention du législateur. — Beaucoup d'esprits et notamment un grand nombre d'industriels, combattirent très vivement le principe même de la législation en matière de houille blanche.

Ceux-ci préféraient garder leur initiative et leur liberté avec toutes les difficultés qu'elles entraînent, plutôt que d'avoir à subir les lenteurs et les vexations d'une réglementation administrative. Cette opinion eut son écho au Congrès de la Houille Blanche, dans une conférence de M. Neyret : « Nos industriels veulent pouvoir créer eux-mêmes leur force, l'utiliser eux-mêmes comme ils l'entendent ou la vendre à des tramways ou à des villes. Ils ne veulent pas être soumis d'office au système de la location. Il serait bien dur à l'industrie française d'être condamnée au régime du garni. »

Enfin, à ces suggestions proposées par des particuliers,

industriels ou économistes, nous devons ajouter, pour être complet, les suggestions issues du Parlement.

Suivant l'ordre adopté par M. Léon Perrier, rapporteur de la Commission des Forces Hydrauliques, nous étudierons successivement ces projets en les répartissant en trois catégories.

Propositions générales. — Les projets que nous placerons sous ce titre, sont ceux qui envisagent l'ensemble des cours d'eau français, tant les rivières du domaine public que les cours d'eau du domaine privé.

C'est à M. Jonnart que revient l'honneur d'avoir déposé le premier projet en 1898 ; il ne fut, d'ailleurs, pas étudié à l'époque.

Mais il fut repris dans ses grandes lignes et déposé à la Chambre le 30 mai 1903 par MM. Millerand et Beaudin, et le 23 juin 1903 par M. Guillaïn.

Ces deux propositions de loi présentent de nombreux points communs, mais elles diffèrent quant au principe général. Tandis que la proposition Millerand établissait une concession à durée limitée, le projet Guillaïn admettait le principe d'une concession perpétuelle, sauf réserves légitimées par l'intérêt public.

Une proposition, déposée le 11 juillet 1916, par MM. Margaine, Bedouce, Mistral et Déléglise, procédait d'une idée toute différente et entièrement neuve. L'idée générale était d'assurer la main-mise de l'Etat sur toute la force hydraulique et, à cet effet, un principe nouveau était introduit dans notre législation, la domanialité de la force hydraulique.

Les usines se divisaient en usines concédées et en usines autorisées, suivant la puissance et l'objet principal des entreprises et la part de l'Etat variait suivant les catégories.

Cette proposition fortement étatiste semble avoir influencé fortement le législateur de 1919.

M. de Castelnau déposait, en 1916, une proposition de loi créant cinq grandes compagnies fermières se répartissant l'ensemble du territoire. Ces compagnies, organismes d'Etat, jouissaient d'un monopole futur. Les usines pré-existantes avaient la faculté d'opter entre deux solutions : soit entrer immédiatement sous le contrôle de la compagnie régissant leur région ; soit attendre un nombre d'années déterminées, au bout desquelles, elles entraient de plein droit sous la tutelle de la Compagnie Fermière.

En dehors des propositions concernant la totalité des cours d'eau français, furent déposés des projets concernant les uns les rivières navigables et flottables, les autres les rivières du domaine privé.

En ce qui concerne les propositions de loi relatives aux cours d'eau du domaine public, nous citerons le projet Barthou (1908), qui fut voté par la Chambre, puis les lois des finances successives depuis 1915, qui permirent à l'Etat de participer à l'installation d'usines hydro-électriques.

Pour les rivières de la seconde catégorie, nous citerons les propositions Beaudin-Millerand (1906), Ruau (1906) et David (1914).

La nécessité de la reconstruction économique de la France fit, après la guerre, comprendre à tous qu'il fallait aboutir.

Un arrêté de M. Ribot, en 1917, avait constitué une Commission extra-parlementaire, présidée par M. Klotz, dont le but était d'étudier un projet de législation des forces hydrauliques. Ce projet déposé par le Gouvernement sur le bureau de la Chambre, le 24 juillet 1917, fut discuté à la Commission des Forces Hydrauliques.

Il devint par la suite la loi du 16 octobre 1919.

Loi du 16 octobre 1919. — En vertu de la loi du 16 octobre 1919, nul n'a le droit de disposer de l'énergie des cours d'eau, qu'ils soient classés ou non, ou de la force des marées, sans avoir obtenu, au préalable, soit une concession, soit une autorisation.

Le régime de la concession s'applique :

1° Aux usines ayant pour objet la marche d'un service public, dans le cas où leur puissance maxima excède 150 kilowatts ;

2° Aux usines jouissant d'une puissance supérieure à 500 kilowatts, quel que soit leur objet.

Le régime de l'autorisation s'applique à toutes les autres entreprises.

Régime de la concession. — La concession est instituée soit par une loi, soit par un décret rendu en Conseil d'Etat.

Elle est instituée par une loi toutes les fois que « les travaux d'appropriation de la force comportent le déversement des eaux d'un bassin fluvial dans un autre ou le détournement des eaux sur une longueur de 20 kilomètres mesurée suivant le lit naturel ou lorsque la puissance normale de l'usine excède 50.000 kilowatts ».

Dans les autres cas, la concession est instituée par décret rendu en Conseil d'Etat.

L'idée générale, qui a pesé sur l'esprit du législateur, est donc bien de faire de la concession instituée par décret le régime normal, l'intervention de la loi ne devant être qu'exceptionnelle. Nous verrons plus loin si, en fait, cette idée a été respectée.

Pour entraver l'activité des barreaux de chutes, la loi prévoit certains droits accordés au concessionnaire, pour lui permettre d'établir les différents organes de son instal-

lation : ce sont, entre autres, le droit d'occupation, sous réserves d'indemnités, sur les propriétés privées, pour tous les travaux nécessaires pour l'établissement des barrages et des canalisations; la faculté d'obtenir, dans le cas où les transactions à l'amiable ne peuvent aboutir, le droit d'expropriation par la déclaration d'utilité publique. Le tribunal compétent pour juger tous les différends s'élevant entre le concessionnaire et les propriétaires intéressés, est le tribunal civil d'arrondissement.

La durée de la concession est en principe de soixante-quinze ans, renouvelable à la volonté des Pouvoirs Publics; l'Etat garde le droit de rachat anticipé si son intérêt l'exige.

A l'expiration du délai, l'entreprise devient propriété nationale, pour tout ce qui concerne les dépendances immobilières de la concession, c'est-à-dire que le matériel électrique doit être racheté à dire d'experts.

Le cahier des charges fixe les conditions financières de l'exploitation.

L'Etat participe aux résultats économiques de l'exploitation sous plusieurs formes.

L'Etat reçoit d'abord des redevances; celles-ci sont fixées soit en proportion des kilowatts-heure produits, soit proportionnellement aux bénéfices et aux dividendes répartis (ce dernier cas ne s'appliquant que lorsque le concessionnaire est une société régie par la loi de 1867). Le tiers des redevances ainsi obtenues est partagé par les soins de l'Etat entre les départements et les communes sur le territoire desquelles coule le cours d'eau utilisé.

L'Etat bénéficie d'un certain nombre d'actions d'apport toutes les fois qu'il donne une concession sur une rivière navigable ou flottable; de plus, s'il fait une mise de fonds

dans l'entreprise, il a droit à des actions, dont la nature varie :

Si l'Etat fait une simple avance de fonds, il se fera attribuer des actions ordinaires;

S'il fournit une subvention, non remboursable à date fixe, il aura droit à des actions de second rang;

S'il souscrit une partie du capital social, il exigera des actions privilégiées.

Etant actionnaire, l'Etat sera représenté, au Conseil d'Administration, par deux fonctionnaires ayant tous les droits des administrateurs.

Régime de l'autorisation. — Les usines soumises au régime de l'autorisation sont toutes d'une faible puissance, moins de 500 kilowatts.

Le législateur n'a pas cru devoir déranger le pouvoir central pour des affaires de si peu d'importance et a délégué le Préfet pour délivrer l'autorisation, quel que soit le cours d'eau sur lequel l'usine s'établira. L'autorisation est révocable dans certains cas prévus sans indemnité; elle est également temporaire : à moins de renouvellement, l'autorisation devient automatiquement caduque au bout de soixante-quinze ans, et l'entreprise revient à l'Etat.

A toute époque, le permissionnaire peut solliciter la transformation de sa permission en concession.

L'usiner doit à l'Etat, une redevance de cinq centimes par kilowatt fourni; s'il est installé sur une rivière navigable ou flottable, il est de plus astreint à des redevances domaniales.

La seconde partie de la loi de 1919 envisage la situation des entreprises déjà existantes. Le texte est très confus.

Les articles 18 et 19 fixent en principe le statut des usines concédées et autorisées; en fait, ces articles ne visent

que les entreprises autorisées et ne mentionnent les entreprises concédées que pour fixer leur situation au point de vue des redevances. Quelle sera alors la situation future de ces Sociétés ? Les avis sont très partagés et il ne nous appartient pas de discuter la question.

Quant aux sociétés autorisées, elles restent sous le régime ancien pendant une durée de soixante-quinze ans, à moins qu'elles ne préfèrent se soumettre à la loi ; à l'expiration du délai, l'Etat devient propriétaire des immeubles, moyennant indemnité du quart de la valeur au jour de l'expiration du délai ; cette indemnité sera fixée par le tribunal civil.

Enfin, un chapitre de la loi intitulé : « Dispositions générales », renferme la réglementation d'une série de cas d'ordres divers :

Lorsque l'Etat entreprend des travaux ayant pour but l'amélioration et la régularisation du régime d'un cours d'eau, les usiniers intéressés seront tenu à indemnité pour la plus-value dont ils profitent, sous réserve que le Ministre ait à l'avance signé un décret, rendu en Conseil d'Etat, l'autorisant à lever ces indemnités ; encore ce décret ne pourra-t-il avoir d'effet que dans le cas où la plus-value obtenue grâce aux travaux est indiscutable.

L'Etat, les départements et les communes, ont, de par la loi, le droit d'exploiter des usines hydrauliques, soit directement, soit en régie intéressée.

Les droits résultant du contrat de concession ou de l'arrêté d'autorisation son susceptibles d'hypothèques ; la durée de celle-ci ne peut excéder la durée de la concession ou de l'autorisation, l'Etat recevant, au terme fixé, les dépendances immobilières de l'exploitation quittes de tout droit réel.

La dérivation à l'étranger de l'énergie électrique produite en France, par des stations hydro-électriques, est interdite, sauf dans le cas où des traités internationaux interviendraient; dans ce seul cas, l'autorisation peut être délivrée par décret.

Les entreprises hydrauliques doivent avoir une direction française. Sont considérées comme françaises, les sociétés ayant leur siège social en France et qui sont régies par les lois françaises, lorsque le Président du Conseil d'Administration, les Administrateurs délégués et les Directeurs ayant la signature sont français. Des dérogations à cette règle sont valables lorsqu'une autorisation par décret est intervenue.

Examen critique de la loi. — Que vaut la loi du 19 octobre 1919 ? Il est sans doute un peu tôt pour en préjuger; l'avenir nous apprendra si le législateur a agi sagement ou non !

Toutefois, il semble que l'Etat ait cherché son intérêt trop immédiat au détriment de celui des industriels. La main-mise des Pouvoirs Publics sur les entreprises industrielles n'a jamais donné de bons résultats et malgré la liberté encore assez grande dont jouissent les sociétés hydrauliques, l'obligation des redevances et la constitution d'actions d'apport au profit de l'Etat semblent devoir grever le budget desdites sociétés d'une façon inquiétante.

Nombreux sont, parmi les économistes et les techniciens, ceux qui ont combattu la loi. Nous relevons dans l'*Economiste français*, un article de M. Payen, qui reproche au législateur d'avoir étatisé l'industrie hydraulique : « Après de nombreuses années de tâtonnements, la Chambre des Députés a enfin voté une loi destinée, en principe, à faciliter l'utilisation des forces hydrauliques. Mais ce texte est

très empreint d'étatisme et de cet état d'esprit qui ravale l'Etat au rang de ces envieux qui ne sauraient voir prospérer quelqu'un auprès d'eux sans être tentés d'en avoir leur part par quelque moyen que ce soit. Usant de sa puissance, l'Etat prétend avoir un droit dans toutes les grandes installations hydrauliques, oubliant ici, comme en beaucoup d'autres cas, que par le seul jeu des lois existantes, toute société industrielle prospère, est pour lui, sans qu'il en ait aucun ennui, ni tracas, un contribuable magnifique. En voulant plus que des impôts légitimes, il paralyse les initiatives et compromet par ce fait même les ressources du Trésor; mais ce raisonnement est trop simple pour avoir cours aujourd'hui auprès des Assemblées Législatives dont la mégalomanie égale l'impuissance. Le *Journal des Débats* (4 août 1919) raconte qu'une mission américaine émerveillée du spectacle que donne la vallée de la Romanche avec ses nombreuses installations hydrauliques, avait demandé quelles lois avaient pu permettre ces merveilles et se procurer les capitaux nécessaires. Il lui fut répondu : « La Romanche, rivière non navigable, fait partie du domaine privé; grâce à l'art. 644 du Code civil, nous sommes chez nous, nous bâtissons pour l'éternité, tandis qu'ailleurs sur le domaine de l'Etat on n'a encore rien fait. » La loi votée au Palais-Bourbon détruit ce privilège; on ne peut que mal en augurer, et c'est dommage, car plus que jamais on a besoin du secours de cette force naturelle. »

Cette opinion n'est pas isolée.

Dans l'*Annuaire de la Houille Blanche* pour 1922, M. Pawlowski s'exprime de la manière suivante : « La loi des Forces Hydrauliques votée en 1919 ne semble pas devoir hâter l'équipement des chutes d'eau, contrairement à l'attente générale, car si elle a supprimé les entraves qui pro-

venaient des appétits individuels et de l'action novice des barreurs de chute, elle contraint les futurs concessionnaires à des charges parfois excessives vis-à-vis de la collectivité et de l'Etat, sous forme d'impôts et de redevances d'énergie, tandis qu'elle limite la durée de l'exploitation des stations. Au bout de soixante-quinze ans, les usines doivent revenir gratuitement à l'Etat; les sociétés concessionnaires doivent donc prévoir des amortissements qu'elles auraient pu différer avec un régime de liberté complète qu'on leur a refusé. On a ainsi interdit l'équipement de chutes d'un coût élevé, et réduit, corollairement, la puissance réalisable en France. D'un autre côté, en voulant assimiler les anciens concessionnaires à perpétuité aux nouveaux, lorsqu'ils prétendent porter la puissance de leurs établissements au delà d'une certaine quotité, on a tendu à décourager les propriétaires d'anciennes stations d'un effort en vue de recueillir une force aujourd'hui gaspillée sans profits pour personne.

Le principe même de la loi semble donc mécontenter les intéressés.

Si l'on entre dans le détail, il semble que bien des articles sont à revoir.

Ainsi dans l'art 3, la loi prévoit que l'octroi de la concession devra faire l'objet d'une loi lorsque la puissance de l'usine dépassera 50.000 kilowatts. Il est hors de doute que le législateur a voulu faire de l'institution de la concession par décret, la règle, et que, exceptionnellement, une loi devrait intervenir. C'est d'ailleurs bien l'idée émise à la Commission extra-parlementaire des Forces Hydrauliques, lorsqu'à la dixième séance, M. Cordier disait : « Il me semble qu'il est intéressant de ne faire intervenir le Parlement que dans des cas exceptionnels. Une usine de

30.000 kilowatts est actuellement une usine moyenne; si l'on s'en réfère au projet d'aménagement de la Durance, on verra que, si l'on prend le débit moyen, presque toutes les usines projetées dépassent la puissance de 30.000 kilowatts. Par conséquent, si l'on fixe le chiffre de 30.000 kilowatts, je crois qu'on fera une loi qui s'appliquera rarement, étant donnés les progrès de l'industrie. »

Le chiffre de 50.000 kilowatts adopté par le législateur, tout en marquant un progrès sur le projet primitif, ne semble pas dans un avenir très prochain, répondre à l'esprit de la loi.

« Il y a dix ans, continue M. Cordier, on considérait une usine de 15.000 kilowatts, comme une usine puissante; dans dix ans, on pourra considérer une usine de 50.000 kilowatts comme une usine normale; par conséquent, on arriverait à ce résultat que toutes les chutes devraient faire l'objet d'une loi, ce qui semble le contraire de ce que nous voulons. »

Une loi doit également intervenir dans le cas où la dérivation nécessaire dépasse une longueur de 20 kilomètres. M. Cordier proposait une longueur d'au moins 25, si ce n'est 30 kilomètres.

Il est regrettable qu'on ne se soit pas rangé à son avis.

Nous avons déjà signalé l'imperfection des articles relatifs aux entreprises déjà existantes, mais nous n'y reviendrons pas.

La loi de 1919 ne répond donc pas aux espérances légitimes de l'industrie.

Et il semble bien qu'en effet le législateur soit sorti de son rôle, qui est de régulariser l'expérience et non pas d'innover, au risque de tomber dans l'inconnu.

Que le législateur de 1919 ait réglé les litiges entre in-

dustriels et riverains, rien de mieux ; mais il n'avait, en aucun cas, à s'immiscer dans l'exploitation des industries privées ; l'expérience déjà faite pour les mines aurait dû le mettre en garde contre une réglementation étatiste de l'industrie hydraulique ; sans être prophète, on peut prévoir que le résultat sera le même : les initiatives privées seront paralysées et à vouloir être industriel, l'Etat compromettra son propre intérêt.

Qu'on se souvienne de la leçon de la guerre, pendant laquelle les circonstances exigeaient que l'Etat soit à la fois commerçant et industriel !

CHAPITRE IV

Les Possibilités.

Quel est l'avenir de l'industrie hydro-électrique ?

Cette industrie pourra-t-elle se développer au point d'utiliser un jour toutes les ressources dont la France dispose ?

Telles sont les questions que nous voulons examiner à présent.

Les perspectives d'avenir ouvertes à l'industrie hydro-électrique peuvent être appréciées si l'on considère les causes susceptibles d'agir d'une part sur sa production, d'autre part sur sa consommation.

Nous étudierons si la consommation d'électricité actuelle est suffisante pour laisser prévoir une extension rapide et intensive des stations génératrices ; beaucoup d'auteurs le prétendent ; nous ne le croyons pas !

Enfin, il nous restera à examiner la situation créée par la concurrence entre la houille blanche et la houille noire, et nous pensons pouvoir montrer qu'elle ne joue pas toujours au profit de la première !

Causes influant sur la consommation et la production de l'énergie hydro-électrique.

Dans le chapitre consacré aux caractères particuliers de l'industrie hydro-électrique, nous avons vu que l'une des particularités les plus importantes de cette industrie est la subordination de la production à la consommation.

Dans ces conditions, ne peut-on pas fixer dès maintenant une limite aux possibilités qui s'ouvrent devant cette industrie ? Nous pensons que c'est possible dans une certaine mesure et nous nous proposons d'examiner les différentes causes qui peuvent influencer sur la consommation d'énergie, sachant que l'effet de ces causes se répercutera sur la production.

Nous étudierons successivement les quatre points suivants (1) :

1° Les progrès techniques de la production ou du transport de l'énergie, soit qu'ils permettent un abaissement du prix de revient et par suite du prix de vente, soit qu'ils étendent la zone géographique d'utilisation de la force ;

2° La variété des emplois offerts à la houille blanche ;

3° Les conditions favorables du milieu géographique et social ;

4° La tarification des services rendus aux consommateurs.

1° *Progrès techniques.* — Les progrès techniques que l'on peut réaliser intéressent les uns la technique de la pro-

(1) Porte : *Revue d'Economie Politique.*

duction elle-même, les autres la technique du transport à distance de l'énergie.

Technique de la production. -- Beaucoup d'auteurs et d'industriels pensent, qu'au point de vue de la technique productive, l'industrie de la houille blanche n'a plus à attendre de grands progrès.

En effet, à jeter un regard superficiel, il semble que plus rien n'arrête les ingénieurs dans la conception de la machinerie. Les turbines employées ont une puissance qui n'est plus limitée que par le volume de l'eau qu'elles utilisent et les techniciens conçoivent aussi facilement une turbine de 50.000 chevaux qu'une de 15.000.

Les accouplements turbine-dynamo ont un rendement très élevé, depuis qu'ils sont directs et il semble difficile, à moins d'un changement complet du principe de l'utilisation de la force hydraulique, de réaliser des progrès sensibles de ce côté.

Les transformateurs que l'industrie met au service des stations génératrices ont actuellement un rendement d'environ 90 0/0.

Etant donné ces résultats, « il semble que l'on soit arrivé, au point de vue technique, à une situation analogue à celle où pouvait se trouver, il y a un demi-siècle, en ce qui concerne la machine à vapeur, à l'égard de laquelle, les réalisations essentielles étaient acquises, en sorte que les progrès ultérieurs n'ont consisté qu'en améliorations de détail. »

L'exemple que nous citons n'est, d'ailleurs, pas très bien choisi, car il existe entre la machine à vapeur, vieille d'un demi-siècle, et l'industrie hydro-électrique d'aujourd'hui, une différence énorme qui réside dans le rendement. Tandis que la machine à vapeur ne rendait que 12 à 15 0/0,

la station hydro-électrique a souvent un rendement quatre ou cinq fois plus important.

Ainsi, puisque ni dans les turbines, ni dans les dynamos, ni dans les transformateurs, on ne peut apporter de modifications radicales, mais seulement des améliorations de détail, de quel côté peut encore se tourner l'industriel, à l'intérieur de son usine, pour abaisser son prix de revient ?

Reportons-nous à ce qui s'est passé dans l'industrie de la vapeur. « L'industrie qui utilisait la force de la vapeur a recherché les abaissements de prix de revient, non plus dans l'ordre technique, mais dans l'ordre économique, notamment dans la concentration industrielle et la production par grande masse. »

La concentration, nous l'avons dit, se produit dans l'industrie hydro-électrique, mais il n'est pas probable qu'elle entraîne dans cette branche, les mêmes résultats que dans l'industrie de la vapeur. « Il faut remarquer que les économies de frais de production ainsi réalisées par la grande industrie à vapeur, grâce à la concentration (économie d'installation, de matières premières et, notamment, de charbon, de main-d'œuvre), ne paraissent pas se manifester au même degré dans l'industrie hydro-électrique, où les installations et le matériel sont réduits au minimum et où la matière première est gratuite. »

La concentration amènera sans doute une amélioration et une économie, celle de la main-d'œuvre. Nos stations utilisent encore un trop nombreux personnel; elles n'ont pas encore atteint le point d'automatisme dont elles jouissent en Amérique. M. Blondel voit dans la marche automatique des stations un progrès à réaliser et, après avoir cité l'exemple de l'usine américaine de « Sowa Railway and Light Co » à Cédar Rapids, il continue : « L'exemple en

sera suivi, et le jour n'est peut-être pas éloigné, où il suffira d'un ou de deux ingénieurs ou contremaîtres pour conduire une usine génératrice très puissante; la main-d'œuvre manuelle n'aura à intervenir que pour les réparations de machines, assez rares, et pourra être fournie par des équipes volantes envoyées par les constructeurs ou par des entreprises d'entretien. »

La technique productive comprend, non seulement le matériel situé à l'intérieur de l'usine, mais encore le rendement de la matière première. En l'occurrence la matière première est l'eau des chutes.

Les turbines proprement dites sont arrivées à un point de perfection qu'il est difficile d'améliorer; mais l'irrégularité des débits, suivant les saisons, ne favorise pas la bonne marche de l'entreprise, à cause de la quantité variable d'énergie produite.

L'intérêt des industriels est de régulariser l'écoulement de leur production et c'est un résultat difficile à atteindre, lorsque cette production varie dans de grandes proportions. Il faut donc commencer par régulariser la production elle-même.

Ce résultat peut-être atteint, nous l'avons vu, de deux manières : soit par la régularisation du débit du cours d'eau; soit par la mise en commun des ressources en force, de différentes sociétés dont les installations sont placées dans des bassins de régimes hydrographiques différents.

La régularisation du régime peut être obtenue par la création ou l'aménagement de bassins artificiels ou de lacs naturels et, jusqu'à présent, là s'est borné l'effort des industriels. Malheureusement toutes les stations ne sont pas assez heureuses, pour avoir à leur portée un bassin à aménager. Des ingénieurs aux vues larges et aux idées hardies 8

proposèrent de submerger des vallées entières. Dans cet ordre d'idées, une expérience a été tentée et réalisée pendant la guerre au lac d'Annecy, où le niveau de l'eau ayant été volontairement surélevé, une partie des rives fut submergée. Le projet d'aménagement du Rhône comporte également la submersion d'une partie de la vallée du fleuve, et l'on étudie le moyen de transformer en bassins-réservoirs certaines hautes vallées, traversées par la Haute-Romanche et la Durance.

Les Pouvoirs Publics ont vu l'importance de la régularisation des régimes et la loi de 1919 prévoit le cas où l'Etat entreprendrait lui-même les travaux nécessaires. Il est vrai que cette idée n'est pas encore réalisée !

Technique du transport à distance. — La technique du transport, de même que la technique de la production, a aujourd'hui réalisé les plus importantes de ses découvertes. Certes, bien des améliorations sont encore à apporter, mais les conditions de transport les plus favorables sont connues et mises en pratique.

Le transport à distance de l'énergie est d'autant plus avantageux que la tension à laquelle il s'opère est plus élevé. Mais dans ces conditions l'isolement de la ligne est difficile à obtenir et de grandes précautions doivent être prises pour éviter les pertes par effluves.

Toutefois, les lignes de 4 à 500 kilomètres sous une tension de 150.000 volts sont actuellement réalisées aux Etats-Unis et donnent de bons résultats. Aussi les spécialistes envisagent-ils des parcours plus longs et des tensions plus élevées. « Nous pouvons avancer sans risque qu'avant cinquante ans des tensions de 200.000 volts seront réalisées toutes les fois que la puissance à transporter sera suffisante pour permettre l'emploi de conducteurs assez gros

pour réduire les pertes par effluves ; que les distances de 1.000 kilomètres seront atteintes ; et que l'usine génératrice pourra être installée avec une puissance considérable et un prix de revient très bas ; les chutes du Zambèze seront, sans doute, un jour, utilisées de cette manière.

Le gros inconvénient que présentent les lignes de transport est qu'elles sont aériennes, et comme telles exposées à quantité de risques d'ordre mécanique ou même électrique, qui rendent leur entretien particulièrement onéreux.

Dans l'état de la technique actuelle, il n'est pas possible de faire des lignes souterraines de transport, dès que la tension est supérieure à un chiffre déterminé, les isolants connus n'étant pas assez résistants. Le jour où cette invention sera réalisée, malgré des frais de première installation peut-être plus élevés, les prix de revient du courant seront-ils abaissés par la suppression de la surveillance constante des réseaux.

Nous n'en sommes pas encore là ; et il semble qu'actuellement, dans la technique du transport comme dans la technique de la production, quoique peut-être à un degré moindre, les découvertes essentielles sont faites.

Aucune invention ne viendra modifier l'exploitation des chutes d'eau dans de telles proportions que les prix pratiqués aujourd'hui puissent être abaissés de façon sensible.

Pourtant l'industrie hydro-électrique est si jeune, les progrès ont été si constants et si rapides, que l'on ne peut s'empêcher de penser que les travaux de nos savants et de nos ingénieurs aboutiront à de nouvelles découvertes qui transformeront cette industrie.

Mais ne comptons pas trop sur le « merveilleux », le présent est déjà appréciable, les progrès s'arrêteraient-ils

à cette étape, que le but atteint serait déjà magnifique et les possibilités encore importantes.

2° *Variétés des emplois offerts à la houille blanche.*

Nous nous proposons d'étudier, dans ce paragraphe, l'avenir qui s'offre aux différentes industries qui utilisent l'énergie hydro-électrique.

Mais avant de passer à cette étude, nous croyons devoir examiner quelles sont les chutes qui présenteront le plus d'avantages pour chaque industrie.

L'installation d'une station ne demandera pas les mêmes sacrifices financiers suivant qu'elle utilisera une chute de montagne, c'est-à-dire une chute de faible débit mais de grande hauteur, ou une chute de rivière à grand débit.

Le prix de revient de l'énergie produite dans une station hydro-électrique dépend de deux facteurs : de la hauteur et du débit de la chute.

L'expérience a prouvé que le prix de revient de l'énergie est inversement proportionnel à la hauteur de la chute. Plus la hauteur de chute est importante, plus le prix de revient de l'électricité est bas.

A quoi attribuer cette différence ? A ce que l'installation d'une chute de grande hauteur, et l'équipement d'une chute à grand débit, nécessitent un outillage différent.

Les premières permettent l'emploi de machines relativement peu volumineuses et d'un très bon rendement, tandis que l'outillage nécessaire aux secondes est d'un rendement plus faible, est plus volumineux, partant plus cher. En revanche, les chutes de montagnes exigent souvent des travaux coûteux pour l'adduction de l'eau sous une forte pression et pour l'aménagement des bassins régulateurs.

Il est difficile de fixer un prix moyen d'installation, car il varie beaucoup suivant les conditions particulières de

chaque entreprise. A titre purement indicatif, nous rappellerons que le projet d'aménagement du Rhône prévoit un prix de 4.000 à 4.500 francs par kilowatt installé. Ce chiffre peut être réduit dans des circonstances plus favorables, mais ne semble pas devoir descendre au-dessous de deux mille francs.

Dans les installations à faible chute et à grand débit, on atteint des prix plus élevés, en égard à l'importance des travaux de barrage, aux difficultés d'établissement des biefs de retenue, aux prix des terrains, au rendement inférieur des machines à faible pression, etc...; le prix minimum paraît ressortir à 4.000 francs le kilowatt installé, et il serait facile de citer des exemples de stations sur rivière où le prix de 6.000 francs par kilowatt a été atteint et même dépassé.

Sans tenir compte des lignes et de l'équipement de distribution, les frais étant les mêmes quelle que soit la chute, nous trouvons qu'un avantage important est marqué au profit des chutes hautes et à faible débit. Mais ces chutes sont, en général, mal situées, au point de vue des communications avec l'extérieur, puisque placées **en** montagne; leur utilisation exigera des lignes de transport longues, donc coûteuses et on peut admettre que le prix de revient du kilowatt sera doublé à la suite d'un transport d'une centaine de kilomètres.

Il résulte donc de ce qui précède que le prix du kilowatt pris à l'usine sera moins élevé dans les stations de montagne que dans les usines de plaine; mais l'équilibre sera à peu près rétabli dans la pratique, puisque les stations sur rivières peuvent être édifiées à proximité des industries et que, de cette manière, les lignes de transport seront évitées.

L'emploi de l'électricité sous forme calorique, forme

employée en électro-métallurgie et souvent en électro-chimie, n'est pas très avantageux ; aussi, pour soutenir avec avantage la concurrence avec la houille noire, les usines électro-métallurgiques ou électro-chimiques, devront rechercher la force produite dans les conditions les plus avantageuses ; elles s'adresseront à des stations utilisant des chutes à faible débit et situées de telle façon que les fours électriques puissent être placés à proximité des dynamos afin d'éviter les frais de transport.

Les chutes sur rivière trouveront, par contre, facilement à s'employer dans la fourniture du courant pour l'éclairage et pour la distribution de force motrice.

« En résumé, les hautes chutes de montagne sont en monopole, pour ce qui concerne les emplois thermiques de l'électricité (mais, elles seront exposées, pour les produits électro-métallurgiques et électro-chimiques, à la concurrence des produits semblables fabriqués, soit à l'étranger, soit à l'aide de charbon) ; elles ont d'autre part, pour l'éclairage et la force motrice, un monopole relatif dans un certain rayon autour de la chute. Les basses chutes à gros débits seront destinées, par la nature des choses, à être utilisées, de préférence, dans l'éclairage, la traction, la distribution de force motrice. Mais elles se heurteront, au delà d'un certain rayon, à la concurrence possible, soit de l'électricité produite par les hautes chutes, soit de la houille noire sous ses différentes applications calorifiques ou électriques. »

Voyons maintenant, si dans les conditions mentionnées ci-dessus, les différents débouchés, qui s'offrent à l'énergie hydro-électrique, sont susceptibles de s'étendre énormément, ou si, au contraire, la force hydro-électrique ne

présentera pas, pour la clientèle, des inconvénients de prix qui leur fera préférer la source thermique.

Pour cette étude, nous reprendrons l'examen des différents débouchés déjà envisagés dans le chapitre précédent.

Force motrice. — Nous avons déjà signalé tous les avantages que présente le moteur électrique pour la commande des machines-outils ; il supprime toutes les complications qui accompagnent les transmissions mécaniques, il supprime également les poussières et permet de rendre les ateliers clairs et hygiéniques.

Par conséquent, une large diffusion au moteur électrique est à souhaiter.

Plusieurs auteurs, M. Porte notamment, ne semblent pas croire à un développement très grand de cette utilisation. « Sans se refuser le moins du monde, à envisager la probabilité d'un accroissement de la demande, il ne faut considérer celui-ci que comme devant être lent et progressif, étant subordonné, d'une part, pour les emplois locaux, à l'essor économique général, et d'autre part, pour les emplois éloignés, à des améliorations dans les conditions de transport auxquelles des raisons d'ordre technique aussi bien qu'économique permettent de refuser, selon toute probabilité, le caractère d'une transformation soudaine et radicale ».

A cette argumentation, nous répondrons que, s'il est vrai que des raisons d'ordre économique s'opposent au transport de l'énergie à grande distance, il ne semble pas que des raisons d'ordre technique viennent s'ajouter aux premières. Nous avons signalé l'excellent rendement des lignes à haute tension, rendement voisin de 95 0/0 que bien peu d'industries peuvent revendiquer. Les raisons techniques seraient-elles alors la fragilité des installations ? Evi-

demment les lignes demandent un entretien coûteux, mais qui n'a jamais été un obstacle à la diffusion et les très nombreux exemples de grands réseaux que nous avons en France viennent soutenir notre opinion.

Quoi qu'il en soit, la distribution de force réduite seulement aux risques facilement accessibles, trouverait aisément des emplois nombreux.

En admettant même que le coût des installations éloigne la clientèle des travailleurs à domicile et des petites industries, il semble que des travaux d'intérêt public pourraient être entrepris, et entre tous, l'un des principaux serait l'équipement électrique de nos ports.

Deux d'entre eux, particulièrement importants par leur mouvement, semblent pouvoir être dans un avenir tout prochain dotés d'un outillage électrique moderne ; nous voulons parler de Bordeaux et de Marseille.

Ces deux ports, situés à proximité des sources d'énergie hydro-électrique, pourraient utiliser la force dans de bonnes conditions.

Et quels avantages n'en retirerait-on pas ?

C'est seulement à l'aide de l'électricité que l'on peut assurer des services rapides et économiques de déchargement des navires et l'intérêt du port et des armateurs demande que les navires à quai soient déchargés dans le minimum de temps.

Le matériel nécessaire est important : « On se servira de grues à portique déplaçable et à volée tournante pour le bois, les colis, le ballast ; de couloirs porteurs et de dragues à godets élévateurs pour les grains et le charbon en poussière ; de grues à bennes piocheuses pour le sable et le charbon ; de pompes pour le pétrole, l'huile et les liquides ; etc. La manutention à l'aide d'appareils électri-

ques sera surtout intense dans les hangars des docks où sont emmagasinés les colis déchargés. Dans ces magasins, la manutention peut être assurée par des chariots à palans électriques roulant sur des voies aériennes et pouvant sortir des hangars jusqu'au dessus des bateaux en déchargement ; par des tapis roulants transporteurs, etc. Les locomotives électriques circulant au bord des quais, principalement sur les canaux reliés aux ports, sont appelés à rendre de très grands services pour la traction des bateaux ou des trains de péniches ».

A coté de ce tableau, quel est celui que présentent nos ports d'aujourd'hui ? Sauf de rares exceptions et malgré l'effort fait pendant la guerre, nos ports ne disposent que de grues à vapeur de trop faible puissance ; les quais sont encombrés par la circulation des locomotives à vapeur, qui ne rendent que des services dérisoires. Dans les manutentions, le travail se fait presque partout à bras d'hommes.

« Que de frais auraient été évités pendant la guerre, si l'on avait effectué à l'heure voulue les grands travaux de nos ports et de nos gares, réclamés par l'opinion publique, parmi lesquels l'équipement en appareils électriques rentre pour une très large part ! Puisse cette dure et sévère leçon ouvrir les yeux aux ignorants, aux négligents, aux incapables. »

La loi de 1919 ne facilite pas la tâche des industriels qui cherchent à étendre leur zone de distribution ; les charges financières énormes et les retenues de courant au profit des collectivités vont obligatoirement élever le prix du kilowatt. C'est au moment où la liberté la plus complète devrait être laissée à notre industrie, que le législateur en a maladroitement entravé la marche. Espérons pourtant que les distributions de force puissent s'étendre pour la pros-

périté économique du pays et le bien être des travailleurs.

Eclairage. — L'usage de l'électricité comme moyen d'éclairage est, nous l'avons dit plus haut, très peu répandu en France.

Il semble que les responsables de cet état de choses doivent se chercher du côté des Compagnies de Distribution. En effet, celles-ci mettent peu d'empressement à rechercher les petits consommateurs, qui augmentent les frais d'installation sans donner lieu à un grand bénéfice ; elles recherchent plutôt la clientèle de gros consommateurs comme les villes ou les usines, qui assurent un débit régulier à la station et dans le but de retenir ces gros clients, les Compagnies leur offrent volontiers des réductions de prix.

Un autre obstacle à la diffusion de l'électricité-éclairage vient de ce que les dépenses de premier établissement (construction des canalisations intérieures, transformation de la lustrerie existante, acquisition de l'appareillage et des lampes etc.) sont trop élevées et rebutent la petite clientèle.

Si maintenant, abandonnant les villes, nous jetons un regard sur ce qui se passe dans les campagnes, nous trouvons tout de suite la raison majeure qui empêche l'électricité de parvenir dans les fermes ou les petites bourgades ; les lignes de transport secondaires, qui amèneraient le courant à pied d'œuvre coûtent de 3500 à 4000 francs le kilomètre ; les Compagnies ne prenant pas à leur charge la pose de ces réseaux, il ne faut pas espérer que la clientèle fera cette dépense ; aussi pendant longtemps encore les campagnes utiliseront-elles les antiques méthodes d'éclairage.

Enfin le prix du courant est encore trop élevé. Est-il

possible, dans la situation économique actuelle de pratiquer des prix plus raisonnables ? Il semble qu'on peut répondre par l'affirmative. Un examen rapide nous permet de constater que le budget des Compagnies de Distribution est lourdement grevé par les frais d'amortissement de l'entreprise. Si les municipalités consentaient aux Sociétés de Distribution des contrats de durée plus longue, ces frais se répartissant sur un plus grand nombre d'années, la charge serait moins lourde à supporter et sans doute pourrait-on reviser les tarifs. Mais les Pouvoirs Publics, escomptant toujours de nouveaux progrès de la science, espèrent pouvoir donner à l'expiration de la première, une nouvelle concession dont les conditions seront plus avantageuses. Nous ne croyons pas à la justesse de ce raisonnement, encouragés dans notre opinion par l'expérience de ces dernières années. Enfin il est à souhaiter que les régies directes des conseils municipaux sur les stations génératrices, cessent au plus tôt, car ces régies sont plutôt des entreprises politiques qu'industrielles et le consommateur n'a rien à gagner à cette manière de faire.

Admettons un instant que des grands secteurs, dont les frais généraux sont proportionnellement bien moindres que dans les petites entreprises, se soient multipliés, et que le territoire soit couvert d'un réseau de canalisations. La diffusion de l'éclairage électrique serait chose faite. Mais les stations hydro-électriques se seraient-elles beaucoup développées et le nombre de chevaux utilisés pour l'éclairage serait-il beaucoup plus important qu'auparavant ? C'est peu probable.

L'éclairage, en effet, ne demande qu'une force relativement faible ; une ville de 80.000 habitants comme Grenoble, ne demande qu'une force de 3 à 4000 chevaux. L'ac-

croissement du nombre des lampes n'exigerait sans doute pas une augmentation proportionnelle du nombre de chevaux-vapeur à équiper, car les perfectionnements sans cesse apportés par la science aux appareils éclairants, en diminuant la consommation de courant par bougies, viendraient compenser dans une certaine mesure l'extension de la clientèle. Les premières lampes à filament de charbon consommaient 5 à 6 watts par bougies ; l'apparition des lampes à filament métallique abaissa ce chiffre à 1, 2 watt par bougie et depuis quelques années l'industrie livre de nouvelles lampes, dont le filament métallique baigne dans une atmosphère d'azote et qui consomment un demi-watt par bougie.

En présence de ces faits, comment peut-on envisager l'avenir de la distribution lumière au moyen de l'énergie hydro-électrique ? Une certaine extension est certainement à prévoir, ne serait-ce que pour satisfaire aux besoins des régions voisines des chutes, qui sont encore mal desservies. Pour les zones plus éloignées, la force hydro-électrique ne sera pas utilisée ; les communautés ou les particuliers préféreront faire appel à la houille noire ou laisser les choses en l'état présent, plutôt que d'engager les énormes dépenses que nécessitent les transports à haute tension et qui sont de l'ordre de 15000 francs le kilomètre.

Il est regrettable qu'une meilleure politique n'ait pas été suivie pour la diffusion de l'éclairage électrique : les Pouvoirs Publics sont grandement responsables de la situation actuelle et la loi des Forces Hydrauliques votée en 1919, avec toutes les charges qu'elle impose aux usiniers, ne favorisera certes pas un abaissement des tarifs actuels au grand bonheur des Compagnies de gaz et des raffineurs de pétrole.

Traction. — Avant la guerre, les prix du combustible étaient tels que l'opération financière que constituait l'électrification n'était pas très attrayante.

Pendant et depuis la guerre, la question a complètement changé d'aspect.

Pendant cette période, en effet, la difficulté du ravitaillement en houille noire a gêné toutes les industries, mais nulle autre autant que les chemins de fer. C'est pourquoi, les Compagnies, ayant à leur portée des sources d'énergie hydraulique, ont tout de suite envisagé la possibilité d'électrifier une partie de leur réseau, et des projets ont été établis, qui envisagent la substitution de la traction électrique à la traction à vapeur sur environ 8000 kilomètres de voies, répartis de la manière suivante: 2.500 kilomètres sur le P.L.M., 2.500 sur le P.O., et 3000 sur le Midi.

Il faut particulièrement louer les Compagnies de Chemins de fer français de l'effort qu'elles vont faire. Les sacrifices financiers qu'exigent l'établissement de la traction électrique sont énormes. On estimait, en effet, il y a déjà plusieurs années, que la voie coûterait 50.000 francs le kilomètre, l'équipement 15.000 francs, la quote-part de la station centrale 13.5000 francs (pour une usine de 10.000 chevaux établie le long de la voie tous les 150 à 200 kilomètres), soit ensemble 80.000 francs par kilomètre de voie; c'était déjà une dépense considérable. Avec les tarifs actuels, on estime que 2.500 à 3 milliards de francs seraient nécessaires pour la réalisation des projets.

Mais les avantages procurés par la traction électrique encouragent les Compagnies à faire cet effort. Leur budget seront soulagés par l'économie de charbon réalisée et nous avons vu l'importance de cette économie. De plus, le personnel étant restreint, une élévation du taux des salaires

aura beaucoup moins d'effet que maintenant ; enfin, la commodité des voyages et l'agrément du voyageur, qui sont également à envisager, permettront vraisemblablement aux Compagnies d'enregistrer un trafic plus important.

Il est à peu près certain que, dans le prochain avenir, c'est l'électrification des voies ferrées qui absorbera la plus grande partie des forces hydrauliques captées. L'intérêt national l'exige ; nous avons trop souffert pendant la guerre de l'irrégularité des arrivées de combustibles pour ne pas tout mettre en œuvre pour y échapper. D'ailleurs les avis sont unanimes à ce sujet et M. l'Inspecteur Général de la Brosse dans un rapport au Ministre des Travaux Publics s'exprimait : « Il faut inscrire l'électrification des chemins de fer au premier rang des emplois à donner à l'énergie des chutes d'eau nationales » et précisait que « l'opération est d'un intérêt immédiat, urgent même, en raison de la disette de charbon et de l'énorme consommation qui en font les réseaux. »

Electro-Métallurgie. — L'industrie électro-métallurgique avait déjà avant la guerre pris une grande extension. Les besoins de la Défense Nationale ont exigé la création de nombreuses usines nouvelles, et la France est le pays d'Europe qui possède à l'heure actuelle le plus grand nombre d'entreprises électro-métallurgiques.

Il est probable que deux branches de cette industrie vont dans le proche avenir se développer : la fabrication de la fonte et aciers électriques et la fabrication de l'aluminium.

Nous avons déjà eu l'occasion de parler des essais de hauts-fourneaux électriques et des résultats sérieux qui ont été obtenus. Déjà dans l'Isère, certaines usines possèdent des hauts-fourneaux électriques. Ils ne sont pas encore au point, mais l'intelligence de nos ingénieurs aura

vite fait de résoudre les difficultés qui surgissent encore.

Les aciers électriques et les ferros sont tellement utilisés dans la mécanique que le débouché intérieur suffira à faire vivre, et peut-être même à développer, cette branche de l'électro-métallurgie.

La richesse du sol français en bauxite nous permet de croire également à une augmentation de la production d'aluminium. Peu d'autres pays peuvent se flatter d'avoir d'aussi grandes facilités pour cette fabrication. C'est pourquoi, en dehors de la consommation nationale, nous croyons que les débouchés extérieurs seront faciles à trouver. L'emploi de l'aluminium se généralise dans toutes les branches de l'industrie ; la demande de ce métal se fera de plus en plus grande et l'industrie française devra être prête à répondre aux besoins dès qu'ils se feront sentir.

L'électro-métallurgie permet de prévoir une utilisation importante des forces hydrauliques ; mais il ne faut pas se cacher les difficultés que rencontreront nos industriels.

M. Widmer, secrétaire général des Forges et Aciéries Paul Girod, dans une conférence faite au Génie Civil, montrait tous les obstacles que rencontrerait l'électro-métallurgie : « Pléthore en France, à l'heure de la paix, d'installations hydro-électriques destinées à la fabrication du carbure de calcium et des alliages ; excès écrasant de la concurrence étrangère ; comment devant ce double phénomène économique dû à la guerre, et en présence d'une consommation infiniment diminuée, l'Electro-métallurgie n'irait-elle pas au devant d'une crise grave ? »

Ce rapport montre bien l'angoisse de nos industriels lorsqu'ils envisagent l'avenir. Sans doute, la crise mondiale qui sévit encore, disparaîtra-t-elle, mais la concurrence étrangère restera. Et où trouver des débouchés ? De-

puis quelques années, la Norvège, la Suisse, l'Allemagne, les Etats-Unis ont considérablement développé leur industrie. Nos exportations se sont complètement arrêtées pendant la guerre, et nos anciens clients se sont adressés à d'autres fournisseurs. Comment regagner le terrain perdu ? Il ne fait, pour nous, aucun doute que l'habileté commerciale de nos industriels permettra de reconquérir notre ancienne clientèle et même de l'étendre ; mais pour cela il faut du temps et ce n'est que dans quelques années, lorsque notre industrie aura repris dans le monde sa vraie place, que nous assisterons au développement de notre électro-métallurgie.

Electro-Chimie. — Autrefois, la production de notre industrie électro-chimique, était tout entière livrée à l'exportation. Les manœuvres habiles de nos commerçants avaient réussi à écarter la concurrence étrangère et la petite quantité de produits que livraient nos industriels était facilement écoulée.

La guerre a fait naître une énorme quantité d'entreprises et la production est actuellement quatre fois plus grande qu'auparavant. Quatre ans ont passé, sans que les exportations puissent reprendre, et, comme nous l'avons déjà signalé pour l'électro-métallurgie, nos débouchés se sont trouvés fermés.

La situation qui se présente actuellement n'est donc pas brillante : peu ou pas d'exportation faute de clientèle ; pas de consommation intérieure ; une grosse production !

Les engrais chimiques sont très peu utilisés en France et seule une réclame active et une propagande habile peut décider nos paysans à essayer les nouveaux produits. La tâche est rude ! La routine de nos cultivateurs est connue : elle est difficile à vaincre ; mais l'avenir de l'industrie chi-

mique exige que l'on fasse l'effort nécessaire pour arriver à un résultat positif.

La France a besoin d'une production agricole intense pour suffire à ses besoins par ses propres moyens ; la condition nécessaire de réussite est l'amendement des terres, encore faut-il que chacun sache ce qu'il peut attendre des engrais pour lesquels il aura fait des sacrifices pécuniaires souvent importants.

L'accroissement de la consommation intérieure, qui est possible si on le veut avec persévérance, suffirait à faire vivre l'industrie électro-chimique actuellement existante ; il n'est pas probable qu'elle contribue à l'augmenter ; aussi ne croyons-nous pas qu'il faille chercher du côté de l'industrie électro-chimique un débouché ultérieur pour les ressources hydrauliques du pays.

Agriculture. — Déjà avant la guerre, dans tous les milieux où se discutent les questions économiques et sociales, on était unanime à déplorer la dépopulation des campagnes ; la guerre a encore retiré de la population active des fermes, soit par le fait de la guerre elle-même et des sacrifices que le pays a dû supporter pour sa sauvegarde, soit par le fait que de nombreux paysans sont partis vers les villes où les distractions sont plus nombreuses et les salaires plus élevés.

L'emploi de l'électricité dans l'agriculture permettrait de supporter plus facilement le manque de main-d'œuvre. Aussi un vif mouvement de propagande a-t-il été entrepris dès la fin des hostilités, pour le développement du machinisme et plus particulièrement de l'électricité dans les exploitations agricoles.

Le résultat de cette campagne n'a pas répondu aux prévisions !

A quelles raisons attribuer cet échec ?

Il semble que la principale d'entre elles est que la France est un pays de petite propriété. Chacun des propriétaires entend rester le seul maître chez lui. Or, l'emploi de l'électricité, avec les transformations ou les achats de l'outillage qu'il entraîne, est trop onéreux pour être pratiqué par un petit propriétaire ; il ne peut être réalisable, dans la plupart des cas, que si les agriculteurs d'une région se groupent et achètent à frais communs l'outillage nécessaire. Et l'on saisit tout de suite la difficulté qui entrave le progrès à faire : le paysan français est trop individualiste pour comprendre la coopération (cela ne veut pas dire qu'il n'existe pas de coopératives) ; il ne trouve pas dans la coopération la faculté d'agir à sa guise ; il est solidaire de ses voisins et cela le gêne.

De plus le paysan français est routinier ; il n'aime que les instruments qu'une longue expérience a consacrés et il ne voit pas d'un œil favorable les nouveautés. Il n'est pas non plus mécanicien de naissance, comme l'américain, et s'il sait faire marcher une machine, il ne saura pas l'utiliser à son meilleur régime.

Enfin, les Compagnies de Distribution n'ont jamais cherché à attirer la clientèle paysanne ; elles n'y trouvent pas leur intérêt, car les lignes de distribution sont onéreuses à établir et la consommation relativement faible.

Dans ces conditions, quel peut être l'avenir du développement de l'emploi de l'électricité en agriculture ? Sans doute un certain développement va se manifester, mais il semble que pour que le mouvement prenne une grande ampleur, il faudrait que deux progrès soient réalisés :

Un progrès matériel ;

Un progrès moral,

Nous avons eu l'occasion d'indiquer précédemment le très gros effort qui est actuellement fait en France en vue de l'électrification des voies ferrées.

Il n'est pas impossible qu'un jour le courant traversant les campagnes pour la marche des chemins de fer, puisse être distribué dans les exploitations. Voici à ce sujet l'intéressante déclaration de M. Foy, directeur de la Société d'Electricité de Caen : « Il est incontestable que l'électrification des chemins de fer d'intérêt local contribuera dans une large mesure à la diffusion de l'énergie électrique dans les campagnes. Alors qu'une société de distribution hésiterait à créer une ligne pour l'alimentation spéciale des petits villages sur un long parcours et représentant un débit restreint dont le résultat serait absorbé par les frais généraux d'entretien et de surveillance de ces lignes, elle fera volontiers cette distribution accessoire, si le principal but de son établissement consiste en une fourniture notable d'énergie pour la traction. C'est, en quelque sorte, une distribution résiduelle dont on pourrait faire bénéficier la ferme et les champs, avec les multiples applications que le fermier ou le cultivateur y trouveraient ».

Nous avons également mentionné un progrès moral à accomplir. Ce sera le plus long à réaliser, car il comporte toute une éducation nouvelle et une orientation différente de l'état d'esprit de nos cultivateurs.

Il est difficile, nous l'avons dit, d'obtenir des particuliers leur adhésion à un groupement coopératif. Pourquoi ne tenterait-on pas de réaliser par les communes ce que l'on ne peut obtenir des individus ?

Plusieurs communes voisines pourraient se constituer en syndicat intercommunal, et obtenir ainsi, grâce à la force que représenterait leur groupement, des conditions plus

avantageuses des secteurs. Le groupement pourrait également, si les premiers résultats sont encourageants, acheter le matériel nécessaire à la culture et le louer aux individus.

Malheureusement, nous n'en sommes pas encore là ! L'agriculture pendant de longues années encore manquera de bras. Le remède immédiat à cette crise reste encore à trouver. Peut-être le chômage prolongé qui sévit dans l'industrie poussera-t-il les anciens paysans, devenus citadins, à retourner à leur premier métier. Ce serait là le remède immédiat et rationnel. Il ne s'est pas encore fait sentir, mais il n'est pas impossible.

De l'avenir du chauffage électrique, nous n'avons pas parlé, car il nous semble que jamais ce débouché ne sera intéressant pour l'industrie hydro-électrique. En effet, outre les difficultés économiques qui se présentent : réfection des immeubles, prix du kilowatt, il nous paraît que les centres urbains sont trop éloignés des chutes et que si l'électricité parvenait un jour à être pratiquement utilisable comme moyen de chauffage, il serait plutôt fait appel à l'électricité de source thermique et que, par conséquent la question n'intéresse pas cette étude.

Les économistes et les techniciens s'accordent mal lorsqu'il s'agit de fixer approximativement le chiffre des chevaux-vapeur que nécessitera la consommation supplémentaire possible.

Nous avons cru pouvoir avancer que seules, la force motrice, l'électro-métallurgie et la traction permettaient d'envisager un développement ultérieur.

M. Porte estime à 4 ou 500.000 chevaux les probabilités de consommation supplémentaire d'ici une dizaine d'années. Nous ne nous hasarderons pas à trancher la question ;

pourtant, si l'on se reporte à des chiffres cités par d'autres auteurs, il semble que l'estimation de M. Porte soit bien faible.

En effet, M. Pawlowski pense que près d'un million de chevaux seront nécessaires pour la seule traction. En admettant même que pendant les dix années qui vont suivre, on ne réalise que le tiers des projets, nous trouverions déjà l'emploi de 330.000 chevaux. Dans ce délai de dix ans, l'aménagement d'une partie du Rhône et d'une partie du Rhin sera chose faite et sans vouloir mettre une précision trop mathématique dans notre conclusion, nous émettrons pourtant l'avis que le chiffre donné par M. Porte est inférieur aux probabilités.

3. — *Modification du milieu géographique et social.* —

Les applications de l'énergie hydro-électrique sont, en grande partie, fonction du développement économique général des régions productrices de cette force, et cela à deux points de vue :

D'abord, les débouchés immédiats et indirects que fournit la population de ces régions ;

Ensuite, l'abondance des moyens de transport desservant les usines et facilitant les fabrications industrielles au moyen de la houille blanche, en permettant un écoulement aisé des produits fabriqués et une arrivée facile des matières premières.

« Une population active et nombreuse fournira des débouchés immédiats pour l'éclairage et le transport, des débouchés indirects pour toutes les fabrications entreprises avec l'aide de la force électrique. C'est l'accroissement rapide et constant des Etats-Unis, qui a donné un emploi rémunérateur à l'énergie sous ses diverses formes et assuré son développement. »

Quelles sont les probabilités qui s'offrent dans notre pays ?

La région alpestre que nous envisagerons donnera une idée générale suffisante pour nous permettre une opinion qui s'appliquera à l'ensemble du territoire.

Le recensement de la population en 1921 a montré une diminution de la population dans le Dauphiné et en Savoie. Cette dépopulation n'est pas le fait de la guerre ; certes les pertes subies par les régiments recrutés dans ces régions entrent pour une part dans le résultat final, mais le fait que les actes de l'état-civil accusent actuellement une tendance à un excédent de décès sur les naissances est le fait d'une dépopulation certaine.

A s'en tenir à cette conclusion, il ne serait guère permis d'entrevoir un débouché ultérieur important de l'énergie hydro-électrique pour l'éclairage et le transport de la population indigène. Mais n'est-il pas permis d'espérer que ces régions, justement à cause de leur richesse naturelle en houille blanche, attireront une population étrangère, qui trouverait du travail dans les usines créées ? Cette idée n'est pas du domaine de l'imagination, un phénomène semblable s'est déjà manifesté le siècle dernier. M. Paul Leroy-Beaulieu écrivait : « De même que le XIX^e siècle a vu la création d'une grande industrie le long des terrains houillers, et notamment sur la grande bande qui s'étend du Pas-de-Calais français, par la Belgique, jusqu'en Westphalie, de même le XX^e siècle verra sans doute une autre grande industrie s'établir au pied des Alpes, en France, en Suisse, en Italie et en Autriche. Ce phénomène se produit déjà de nos jours autour des chutes du Niagara, aux Etats-Unis ; et en Californie au pied des Montagnes-Rocheuses ».

M. de la Brosse abondait dans le même sens, lorsque

parlant des industries de la laine, du coton et des autres textiles, il concluait : « Ces industries ont-elles eu lieu de beaucoup se féliciter de n'avoir pas voulu s'éloigner du charbon, placé dans notre pays sur la route séculaire des invasions ? Qui les empêche de prendre pied au pays de la houille blanche ? Il y a là une mine durable et féconde capable de satisfaire tous les besoins ».

Les Pouvoirs Publics pouvaient-ils faire quelque chose pour amener les industriels du Nord à s'établir dans les zones de houille blanche ? Nous le croyons.

Au lendemain de la guerre, les industriels sinistrés bénéficièrent d'une loi, qui leur octroya, moyennant certaines conditions, les indemnités nécessaires à la reconstruction de leurs établissements détruits. Mais malheureusement la loi subordonnait l'octroi de l'indemnité à la reconstruction des mines sur leur ancien emplacement (1). Cette obligation s'opposa au transport de certaines grandes industries, telles que les tissages et les filatures, au voisinage des chutes.

Nombreux sont pourtant les industriels qui avaient songé à changer de région. L'exemple donné par ceux d'entre eux qui, pendant la guerre, avaient tenté l'expérience (2), et qui étaient venus s'établir dans la région grenobloise, les encourageaient par les bons résultats obtenus.

Et pourtant, des difficultés énormes se sont dressées devant ces industriels. Le manque de main d'œuvre se fit durement sentir ; on fit appel aux étrangers ; Kabyles, Italiens, Chinois, toutes les races furent réunies pour apporter leur concours à l'activité nationale.

Cet exemple ne servira-t-il à rien ?

(1) Ou dans un rayon de 50 kilomètres.

(2) Les firmes Lelarge de Reims, Galand d'Amiens, Huchecorne de Paris, etc.

Le législateur n'a pas cru devoir s'engager dans cette voie hardie ; il n'a pas cherché à décongestionner la région du Nord au profit des régions alpestres et pyrénéennes. Maintenant il est trop tard ! Presque partout les industriels sinistrés se sont courageusement remis au travail après avoir relevé leurs ruines.

L'évolution qu'il était possible de réaliser d'un seul coup, ne pourra plus se faire qu'insensiblement.

Est-ce un bien ? Est-ce un mal ?

Il serait bien hardi ne vouloir résoudre ici cette question, dont dépend, en grande partie, l'avenir national ; cette question qui a été étudiée et discutée passionnément par tant de bons esprits.

Et cependant on ne peut s'empêcher de trouver bien peu consistante l'objection principale, qui résulte du peu de densité de nos populations méridionales par rapport à celles du Nord. Qu'on se souvienne des ressources trouvées pendant la guerre dans l'importation de la main-d'œuvre de nos populations lointaines. Là serait peut-être une solution, car il semble bien hasardé d'escompter l'amélioration ou peut-être même le maintien de notre population française.

« Seuls les esprits chimériques peuvent continuer à espérer que la France se peuplera suffisamment par la seule reprise de la natalité, pour prévenir une nouvelle agression allemande. Les esprits réalistes doivent envisager un moyen plus énergique et plus prompt : une immigration rationnelle et provoquée par un organisme d'Etat spécial, semblable aux Services Officiels d'immigration qui fonctionnent depuis longtemps aux Etats-Unis d'Amérique et dans les Etats de l'Amérique du Sud ».

Là serait, sans doute, le remède au mal dont souffrira

toute notre industrie, le jour où les affaires reprendront normalement. L'industrie hydro-électrique, quel que soit son objet, a besoin, d'une part de main-d'œuvre, d'autre part de consommateurs ; l'un et l'autre lui seraient fournis s'il était fait appel à l'immigration étrangère pour combler les vides qui, tous les ans, se creusent plus nombreux dans notre population.

L'usage qui sera fait de la houille blanche pour les fabrications industrielles, avons-nous dit, dépendra de l'abondance plus ou moins grande des moyens de transport, mis au service des usines.

L'établissement des lignes de chemins de fer dans les hautes vallées montagneuses présente de grosses difficultés. La traction électrique a apporté une solution favorable à cette question et nous avons vu que les Compagnies avaient déjà fait des applications de ce système. D'ailleurs, en plus des avantages qu'il présente au point de vue économique, il est également un client pour les stations hydro-électriques.

Un large programme d'électrification des voies de montagne est à l'étude ; ces lignes devront être très nombreuses si l'on veut permettre aux industries de se développer comme elles doivent le faire pour le plus grand bien de la prospérité nationale.

4. — *La tarification des services rendus aux consommateurs.* — La question du prix de vente de l'unité d'énergie jouera un très grand rôle pour l'avenir de l'industrie hydro-électrique.

En effet, il faut pour que cette industrie prospère que les demandes de courant affluent ; or cet état de chose ne naîtra que si le prix du kilowatt hydro-électrique est moins

élevé ou, au plus, égal à celui du kilowatt de source thermique.

Nous verrons dans le chapitre suivant à quelle source d'énergie, le consommateur a intérêt à s'adresser.

Pour qu'une station puisse pratiquer le tarif de vente le plus bas possible, il nous semble qu'elle doit remplir deux conditions :

Etre puissante, car plus une usine est puissante, plus les frais généraux se répartissent sur un grand nombre d'unités, grevant chacune d'entre elles d'une moins lourde charge ;

Ecouler toute sa production, pour la même raison que précédemment.

Toutes les stations ont cherché à orienter leur activité vers le double but que nous venons de signaler, et particulièrement sur le second d'entre eux.

A cet effet, elle ont recherché la clientèle de gros consommateurs utilisant régulièrement une quantité égale d'énergie, au détriment du petit consommateur qui ne présentait pas à leurs yeux les mêmes avantages. Et immédiatement, nous trouvons la raison des tarifs minima accordés aux gros clients.

Nous devons signaler une exception intéressante à cette règle ; c'est celle de Grenoble. La municipalité socialiste de cette ville, en raison de ses idées politiques, avait imposé la pratique d'un tarif minimum pour les petits abonnés et du tarif normal pour les gros consommateurs. Après un essai de courte durée, la municipalité dut renoncer à son idée et revenir à la règle générale.

Dans les grandes installations, usines, ateliers, etc. il est fait usage de compteurs d'énergie dont le prix, tout en

étant assez élevé, ne grève pas sensiblement le devis général par lui-même important de l'installation.

Pour les petites installations, le compteur de quantité, quoique beaucoup moins cher que le précédent, convient parfaitement, mais son prix atteint souvent 20 à 30 0/0 de celui de l'installation: Cette dépense était prohibitive chez le petit consommateur.

Les Compagnies de distribution durent, malgré leur désir contraire, chercher la clientèle des petits abonnés. A cet effet, elles durent faire certains sacrifices qui leur assurèrent une plus large distribution.

Comment attirer la petite clientèle ? Plusieurs méthodes ont été essayées pour obtenir ce but. Il semble que l'une de celles qui a donné les meilleurs résultats est celle qui a été employée à Strasbourg.

«A Strasbourg, la Compagnie opère d'après le principe suivant : seules les maisons complètement terminées sont reliées au réseau et exclusivement pour des installations de une à quatre lampes. La pose des canalisations de la première prise de courant est faite aux frais de la Compagnie; il suffit que l'abonné s'engage à payer pendant 6 ans, une consommation annuelle de courant de 22 fr. 50 sur la base de 5 centimes l'hectowatt-heure. Pour la pose des canalisations de la deuxième, troisième et quatrième lampe, il est dû 31 centimes par lampe et par mois pendant six ans, temps au bout duquel la Compagnie renonce à tout droit de propriété sur l'installation. Le prix de location mensuelle du compteur est également de 31 centimes. Pour atteindre la clientèle de la banlieue, qui comprend 185.000 habitants, le secteur avance aux futurs abonnés les frais d'installation, qu'il récupère par des versements répartis sur une à trois années à la commodité de l'abonné.

Le résultat a été le suivant : en 1914, on comptait 20.000 compteurs dans la ville de Strasbourg ; parmi ces compteurs, 12.240 avaient été installés depuis 1910.

Après deux ans de pratique de ce système, le gaz disparaissait comme concurrent de l'électricité et il était facile de lutter avec l'éclairage à pétrole .

D'autre part, la Société accusait un dividende de 11 0/0 »

On peut classer sommairement, les méthodes appliquées aux petits consommateurs, pour le paiement de leurs installations, comme suit :

1° L'installation est faite aux frais du secteur ;

a) L'abonné devient propriétaire de l'installation au bout d'un certain nombre d'années pendant lesquelles il fait des versements successifs et garantit un minimum de consommation ;

b) L'abonné ne devient pas propriétaire de l'installation, mais la loue au secteur. La consommation est alors enregistrée par un compteur.

2° L'installation est faite aux frais de l'abonné. Le secteur alloue au client une prime soit en espèces au prorata des lampes installées, soit par rabais sur les tarifs pendant un temps déterminé.

A quel prix se fixera le courant lorsqu'un réseau plus dense couvrira le territoire ? Il est bien difficile de répondre à cette question !

La Chambre de Commerce de Grenoble estimait avant la guerre, que le prix de revient moyen du kilowatt pris à l'usine dans la région du Dauphiné ressortait à 1 cent 5, amortissement et tous frais compris ; transporté à 100 kilomètres ce prix s'élevait à 3 cent 7.

Ces prix peuvent être quintuplés pour les entreprises nouvellement créées. Il semble qu'en admettant une varia-

tion de 7 à 20 centimes, on reste dans une juste mesure.

Dans le chapitre suivant, nous aurons l'occasion de citer les prix de revient de l'électricité de source thermique et nous verrons que l'industrie hydro-électrique trouvera dans l'industrie thermo-électrique un concurrent redoutable.

Quoiqu'il en soit, tout n'a pas été fait pour la plus grande diffusion de l'électricité.

Un nombre trop faible de Compagnies de Distribution ont favorisé, dans leur propre intérêt d'ailleurs, la petite clientèle. Il reste beaucoup de secteurs, qui cherchant leur bénéfice immédiat, n'ont pas osé faire les sacrifices temporaires nécessaires.

L'électricité, avec tous les avantages qu'elle apporte, propreté, hygiène, bien-être, a un rôle social et économique de premier plan. Sa diffusion devrait être poursuivie et poussée aussi activement que possible. Il semble que les Pouvoirs Publics, qui s'occupent trop souvent de choses moins importantes, auraient la possibilité d'accroître ce mouvement de diffusion en obligeant les Compagnies à faire l'avance des frais nécessaires à l'établissement des petites installations.

Nous ne pouvons terminer ce paragraphe consacré à la tarification, sans examiner la situation curieuse qui va naître entre les entreprises hydro-électriques anciennes et les nouvelles, du fait des charges énormes qui pèseront sur les sociétés nouvelles, charges provenant soit de la situation économique générale, soit de la loi de 1919.

Le prix de revient du kilowatt fourni par les stations anciennes ne sera que peu modifié par le renchérissement des matières premières et de la vie en général. La matière première est, en effet, gratuite, et seuls les frais occasionnés

par la main-d'œuvre, très réduite, et par l'entretien de la machinerie, justifieront une élévation des tarifs (1).

Si nous admettons une majoration de 70 0/0 sur le prix de vente d'avant guerre, pour le kilowatt, fourni par une même station, nous pouvons tout de suite juger la différence qui existera entre les tarifs pratiqués par une usine ancienne et une usine nouvelle, qui aura nécessité pour son établissement des capitaux quatre ou cinq fois plus importants que la première.

Devant cette situation, que va-t-il se passer ?

Plusieurs éventualités se présentent :

Si les demandes d'énergie à satisfaire nécessitent l'installation de nouvelles stations, le prix du kilowatt fourni par les anciennes usines s'élèvera pour s'établir aux environs du prix pratiqué par les nouvelles entreprises. Les anciens industries jouiront donc d'une rente de monopole très élevée.

Si l'énergie actuellement offerte à la clientèle ne peut pas être écoulée toute entière, c'est-à-dire si l'offre est plus importante que la demande, certaines usines seront sacrifiées et naturellement ce seraient les nouvelles, car elles pratiquent les prix les plus élevés.

Enfin une dernière éventualité peut se présenter et il semble que c'est celle qui se produit actuellement. Seules les anciennes Sociétés pourront équiper de nouvelles chutes. Le prix de vente s'établira à un chiffre moyen entre le

(1) A Grenoble, le tarif était, avant la guerre, de 10 centimes pour les 600.000 premiers kilowatts-heure et de 0 fr. 06 pour les suivants. Actuellement, le mode de tarification est changé, mais la moyenne des prix est sensiblement la même; en effet, il est compté 0 fr. 07 le kilowatt à concurrence de 10 millions de kilowatts-heure et 0 fr. 08 pour les suivants avec un maximum de 15 millions de kilowatts-heure.

prix de vente au kilowatt dans les anciennes stations et son prix dans les nouvelles. « Et cela suffira pour assurer aux sociétés existantes, un monopole de fait, qui paraît devoir être la caractéristique de la période dans laquelle nous entrons ».

Cette situation présente bien des analogies avec celle des immeubles urbains. « Lorsque la construction reprendra dans les villes, ce ne pourra être que sur la base du prix de revient, et par conséquent des loyers au moins triplés, pour la période décennale actuelle, par rapport à ceux d'avant-guerre. La rente des propriétaires urbains va donc se trouver fortement accrue, les prix de location des immeubles anciens ayant une tendance à se rapprocher de ceux des immeubles nouveaux ».

La concurrence de la Houille Noire.

La concurrence, qui, dans l'avenir, va exister entre la houille noire et la houille blanche, la suprématie que l'une de ces deux sources d'énergie prendra sur l'autre, telle est la question que nous nous proposons d'examiner.

La houille blanche peut remplacer la houille noire dans certains de ses emplois ; elle ne peut le faire dans tous. Si l'on s'en rapporte au rapport de M. Margaine, à la Chambre des Députés, lors du dépôt de sa proposition de loi, la consommation de charbon en France, pendant l'année 1912, s'élevait à 61.285.000 tonnes, se répartissant de la façon suivante :

Métallurgie de gros œuvre	10.911.000 tonnes	soit 18.7 o/o
Chemins de fer.....	9.966.000	» 14.7 »
Industries des Mines	4.921.000	» 8 »
Usines à Gaz.....	4.532.000	» 7.4 »
Marine marchande.....	1.160.000	» 2.5/ »
Industries diverses.....	11.775.000	» 19.2 »
Consommation domestique	18.040.000	» 29.5 «

Parmi ces emplois, certains sont propres au charbon et la houille blanche ne saurait y trouver un débouché ; tels sont : la consommation domestique, la marine marchande, les usines à part, soit environ 40 0/0 du total.

Les projets prévoient l'électrification de 8000 kilomètres de voies. L'économie de charbon réalisée de cette manière sera de 2 à 3 millions de tonnes (1) ; ce qui représente le seizième de la consommation actuelle des chemins de fer !

Quant aux autres industries envisagées, la houille blanche pourrait y trouver un débouché dans le cas où, d'une part le charbon n'est pas utilisé pour ses seules propriétés caloriques ; d'autre part, si le prix de revient de l'électricité de source hydraulique est d'un prix moins élevé ou tout au plus égal à celui de l'électricité thermique.

Nous avons déjà eu l'occasion de constater que la technique de la houille blanche était arrivée à un grand degré de perfection et que le rendement des installations serait difficile à améliorer. De plus, les chutes actuellement aménagées sont évidemment celles qui présentaient le moins de difficultés, par conséquent celles qui exigeaient le minimum de capitaux. On peut donc affirmer que le prix de revient du kilowatt, fourni par les stations actuellement

(1) Nous avons vu précédemment que 43 kilomètres de voies électrifiées permettaient une économie de 43 tonnes de charbon par jour. Les 8000 kilomètres du projet entraîneront, si l'on garde la même proportion, une économie de 2.920.000 tonnes par an.

en action, est moins élevé que le sera celui des usines à installer, et ceci même dans le cas où le prix des matériaux nécessaires à l'aménagement serait resté constant, ce qui malheureusement n'est pas exact.

En est-il de même dans les usines thermiques ? Le rendement de ces centrales est faible ; mais des progrès constants sont réalisés et le plus important d'entre eux a été la meilleure utilisation de la houille brûlée.

Il n'était pas rare, il y a quelques années, de brûler 2 à 3 kilogrammes de charbon par cheval-heure de force recueillie ; cette consommation est actuellement réduite à 7 ou 800 grammes.

Toutes les grandes centrales thermiques modernes ne nécessitent qu'une main d'œuvre insignifiante. Construites généralement, sur le bord d'un cours d'eau qui facilite les arrivées du combustible, ces stations n'emploient que des machines automatiques déchargeant les péniches, conduisant la houille aux foyers, évacuant les scories. De nouveaux procédés permettent la récupération de la poussière de charbon non brûlé, qui s'échappe avec les fumées.

Enfin, la petite usine thermique a cessé d'exister. Les grandes centrales de plusieurs dizaines de milliers de chevaux ont fait leur apparition et ont immédiatement supplanté les petites entreprises existantes.

Le rendement obtenu dans ces super-centrales est encore faible ; il ne dépasse pas 25 0/0 ; mais on peut tenir pour certain que la science n'a pas dit son dernier mot et que ce rendement ira s'améliorant.

Dans les conditions que nous venons d'exposer, quels sont les prix de revient du kilowatt dans chacune de ces stations ?

Une étude faite par M. de Boysson, ingénieur, nous permettra de répondre.

Dans l'usine hydro-électrique, le prix du kilowatt installé revient au minimum à 2000 francs et en moyenne à 4.500 francs.

« Les dépenses d'entretien, main-d'œuvre, frais généraux, sont de l'ordre de 5 0/0 du capital engagé ; les dépenses d'amortissement et de rémunération du capital sont au minimum de 8 0/0, soit un total minimum de 13 0/0. Le cout annuel d'un kilowatt ressort donc entre 260 et 595 frs. suivant que l'installation a exigé un capital de 3000 frs. (minimum) ou 4.500 francs (moyen). Ces prix s'entendent aux bornes de l'usine génératrice, sans faire état des lignes de l'équipage de distribution. Le prix de vente dépend étroitement de l'horaire d'utilisation annuel (quotient du nombre de kilowatts-heure produits par le nombre de kilowatts-heure équipés), et cet horaire est très variable suivant l'usage qui est fait du courant. On compte 2000 heures pour les grandes usines mécaniques, 2.300 pour les distributions urbaines, 2.500 pour les chemins de fer, 4000 pour les tramways, 6000 à 7000 pour les usines continues : minoteries, élévation d'eau, électro-chimie, etc.

En tablant sur un chiffre normal de 3000 heures, le prix du kilowatt-heure variera de :

$$\frac{260}{3000} = 8 \text{ centimes } 7 \text{ à } \frac{595}{3060} = 19 \text{ centimes } 8$$

A coté de ces prix de revient de l'électricité de source hydraulique, quels sont ceux du kilowatt de source thermique ?

« L'installation, avec tous les perfectionnements modernes, de un kilowatt, revient à 1000 francs maximum ; l'amortissement et l'entretien plus élevé que dans l'industrie hydro-électrique, peuvent être estimés à 15 0/0 du ca-

pital. L'emploi du combustible pulvérulent permet de réduire le personnel à un personnel de surveillance. La consommation de combustible ne doit pas atteindre par kilowatt un kilogramme de charbon, ou deux kilogrammes de combustibles inférieurs (lignite).»

En mettant le charbon à 95 frs. la tonne et les lignites à 40 francs, le combustible brûlé coûtera $1 \times 0,095 = 0 \text{ fr. } 095$ pour la houille et 0 fr. 08 pour les lignites.

L'amortissement et l'entretien demandera 5 centimes.

Suivant le cas, le kilowatt reviendra à 13 ou 14 centimes 5.

On voit que l'énergie hydro-électrique revient à des prix du même ordre que l'énergie thermo-électrique, tout en exigeant des capitaux trois ou quatre fois supérieurs.

Dès que l'énergie doit être transportée au loin, les frais d'établissement des lignes de transport viennent grever le prix du kilowatt d'un lourd tribut.

Si nous prenons un exemple d'importance tel que le transport du Rhône à Paris, on peut remarquer que le prix de 11 centimes prévu pour le kilowatt-heure amené au poste central de la banlieue de Paris, n'est pas très différent au prix auquel les super-centrales-vapeur le produiront, toutes charges comprises pour 650 grammes de charbon. La Super-Centrale de Gennevilliers a, en effet, fixé le prix de 11 centimes 5.

Si les prix actuels de la houille, venaient à baisser, il semble que l'avantage resterait aux usines thermiques, exception faite pour les centres de houille blanche et leur voisinage immédiat.

Certains auteurs estiment que le prix de la tonne de houille s'établira à un taux moyen de 100 francs pour la période décennale qui va s'ouvrir. Nous croyons que ce

chiffre est trop élevé. Les prix des charbons anglais et américains que nous importons, varieront, semble-t-il, avec les fluctuations du change, et il est bien probable que notre franc verra sa valeur augmenter pendant ces prochaines années.

Avant la guerre, la concurrence qui jouait déjà entre la houille blanche et la houille noire, ne tournait pas toujours à l'avantage de la première.

Actuellement, les frais énormes qu'occasionnent l'installation des usines hydro-électriques et les charges supplémentaires imposées aux industriels par la loi du 16 octobre 1919, ne nous permettent pas de croire que la concurrence jouera au profit de la houille blanche plus largement qu'autrefois.

Nombreux sont les auteurs qui avancent que l'aménagement de nos forces hydrauliques, restreindra notre consommation de charbon dans de telles proportions que la France pourra à peu près suffire à ses besoins par ses propres mines.

Nous avons vu que certaines industries ne pouvaient pas remplacer la houille ; ce sont celles qui utilisent le charbon pour ses propriétés caloriques ; d'autres industries auront toujours besoin de grande quantités de combustibles quel que soit la force hydro-électrique dont le pays dispose.

Mais il est aussi intéressant de remarquer que l'expérience a prouvée que la quantité de charbon importée dans un pays augmente avec le développement de l'aménagement de ses chutes. Il existe entre l'industrie hydraulique et l'industrie du charbon un parallélisme, qui, au premier examen, semble impossible.

L'exemple de l'Italie vient confirmer ce fait.

Tout le charbon consommé en Italie doit être importé ; pour tenter d'échapper à l'importation étrangère, l'aménagement des forces hydrauliques fut vivement poussé.

En 1900, la puissance hydraulique captée était de 28 millions de kilowatts pour une importation annuelle de 4 millions 500 mille tonnes de houille.

En 1909, les applications de l'énergie hydro-électriques consommaient 536 millions de kilowatts et les importations de charbon s'étaient élevées à 9 millions de tonnes.

La même constatation pourrait être faite en France.

Les trois départements Isère, Savoie, Haute-Savoie, dans lesquels l'industrie hydro-électrique s'est développée d'une façon saisissante depuis une vingtaine d'années, employaient en 1906, une force de 22.000 chevaux fournie par les usines thermiques ; cette force était passée, en 1920 à 27.000 chevaux.

La raison de ce phénomène doit être que presque toutes les usines hydro-électriques se doublent d'une usine thermique de secours, qui fonctionne pendant la période de basses-eaux ou au moment de la pointe.

L'industrie de la houille blanche prend une place spéciale dans la gamme des industries ; elle n'empiète que peu sur ses voisines et particulièrement sur l'industrie de la houille noire.

Le développement de l'aménagement de nos ressources hydrauliques servira peut-être même l'accroissement des demandes faites au charbon. « Les perfectionnements de l'industrie hydro-électrique seraient de nature à ouvrir de nouveaux débouchés au charbon (machines thermiques de secours ; centrales thermiques ; peut-être même dans l'avenir, câbles sous-marins amenant en France le charbon d'Angleterre sous forme de courant électrique). En sorte

que par un retour assez inattendu et lui paraîtrait paradoxal, si les observations ci-dessus n'en démontraient la réalité, les progrès de la houille blanche se traduiraient vraisemblablement par un accroissement de la consommation de la houille noire, au moins pour un avenir prochain. »

De ce qui précède, on peut conclure que la concurrence entre la houille blanche et la houille noire continuera sans avantages appréciables de l'une sur l'autre.

Chacune de ces sources d'énergie a un domaine bien délimité dans lequel elle jouit d'un monopole presque exclusif pour la houille noire, la région des mines ; pour la houille blanche, les régions montagneuses et le voisinage des fleuves à forte pente.

Dans le reste du territoire, il faudra avoir recours à des transports d'énergie si l'on veut utiliser la houille blanche, à des transports de combustibles pour la houille noire. La solution à adopter variera suivant les cas envisagés et ne peut se fixer d'une manière générale.

De toute façon, on peut conclure que la houille blanche ne supplantera certainement pas la houille noire, tout au moins dans l'état actuel de la science, et que la France devra encore pendant longtemps faire appel à l'étranger pour satisfaire ses besoins en charbon.

CONCLUSION

Les inventions nouvelles tentent toujours les imaginations hardies et dès ses premières applications, l'industrie hydro-électrique n'a pas échappé à cette loi.

Devançant les réalités, les négligeant même quelquefois pour vivre dans leur rêve, certains idéalistes plus ambitieux que pratiques ont proclamé que la houille blanche pouvait et devait remplacer la houille noire en tout et pour tout ; que même pour les particuliers, les industries hydro-électriques puissamment soutenues, savamment développées devaient devenir la panacée universelle qui satisferait à tous les besoins.

Sans nous associer à ces espérances, qui dans l'état présent des choses, nous paraissent des rêveries, constatons un fait indéniable : c'est que le développement de l'industrie hydro-électrique est aujourd'hui et pour longtemps encore en progrès rapides et constants.

Cette affirmation ne paraît pas hasardée, car tout le monde, en France, a compris, après la guerre, que notre premier devoir était d'alléger autant que possible le lourd tribut payé à l'étranger pour nos importations de houille noire. Et le Conseil Supérieur des Travaux Publics a été l'interprète de ce sentiment général en élaborant un plan méthodique d'aménagement de nos forces hydrauliques.

Ce plan d'aménagement ne se perd pas en vagues espérances ; c'est une suggestion nette et ordonnée que le Con-

seil Supérieur, organe d'études, présente au Parlement et aux Pouvoirs Publics, organes de décision et d'exécution ; ce plan discerne clairement deux emplois immédiats de la houille blanche :

a) L'électrification des chemins de fer, lui produirait une économie annuelle de 3 millions de tonnes de charbon pour 8000 kilomètres de voies exploitées ;

b) La mise en œuvre des hauts-fourneaux électriques.

Ce n'est qu'à titre subsidiaire qu'est envisagée la diffusion de l'éclairage et de la force motrice.

Voilà le principe.

Les moyens suggérés sont résumés ci-après :

a) Tendre à la centralisation pour éviter la dispersion exagérée de l'emploi de la houille blanche ;

b) Constitution des capitaux nécessaires aux industries hydro-électriques avec le concours du Crédit Foncier, « qui devrait faire très large la part des prêts hypothécaires fondés sur les chutes du domaine public et du domaine privé ».

c) « Participation de l'Etat aux entreprises comme actionnaire de façon à en mieux apprécier les risques et les difficultés » ;

d) « Admettre enfin que l'Etat entreprenne lui-même, en raison de son caractère permanent les travaux propres à régulariser le régime des eaux, construire lui-même ou au moins, subventionner la construction des grands réservoirs de régularisation ».

Pourquoi ces suggestions, si raisonnables, si pratiques, nous dirons même si patriotiques, ont-elles été aussi mal entendues, aussi peu suivies par le législateur de 1919.

Après bien d'autres, nous dirons que l'œuvre législative est à reprendre ; comme bien d'autres nous pensons même qu'elle est à faire.

Les suggestions du Conseil Supérieur n'est qu'une base sur laquelle doit être établi un programme d'ensemble à longue échéance. « Ce programme est à établir, comme la loi de 1919 est à reviser sur les bases de l'inventaire dressé par le Ministère des Travaux Publics. Cet inventaire a sa logique à laquelle on serait mal venu à se soustraire. Il conclut nettement à la centralisation contre l'éparpillement, à la prédominance du point de vue national sur le point de vue local. De la façon dont le Parlement les arbitrera dépend l'avenir de la Houille Blanche ».

Ce vœu semble avoir été entendu et il semble bien que le Gouvernement cherche tous les moyens d'aboutir, dans cet ordre d'idées, à des résultats rapides et pratiques. Au jour même où ces lignes sont écrites, une Commission inter-ministérielle présidée par M. Colrat, vient de mettre au point un programme de Travaux Publics qui doivent être exécutés en France par l'Allemagne au titre des Réparations.

Ce programme prévoit l'aménagement du Rhône, de la Truyère et de la Dordogne. Il ne serait fait appel aux capitaux français que dans une faible mesure et le Gouvernement allemand payerait la plus grande partie de la dépense. Pour l'aménagement du Rhône, il est prévu une dépense totale de 3 milliards 250 millions, dont 2 milliards 650 millions seraient payés par l'Allemagne.

Pour la Truyère, une dépense totale de 240 millions dont 129 seraient fournis par l'Allemagne. Pour la Dordogne, 290 millions dont 185 au titre allemand.

Le salaire des 16.000 ouvriers employés pendant la durée de ces divers travaux serait d'après le projet imputé à l'Allemagne, qui de ce fait aurait à payer une somme de 1 milliard 337 millions.

Ce programme, dont la réalisation serait si féconde pour

le développement de l'industrie hydro-électrique présente, en outre, un caractère d'utilité nationale, car il constitue un procédé pratique pour faire rentrer une partie de notre créance.

Il ne semble pas douteux que le Parlement ne comprenne ce double intérêt.

Vu, le Doyen :

F. LARNAUDE

Vu, le Président :

H. TRUCHY

Vu et permis d'imprimer, le Recteur de l'Académie de Paris :

P. APPELL.

BIBLIOGRAPHIE

Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils.

Génie Civil (1916).

Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (1915, 1918).

Annuaire de la Houille Blanche.

La Houille Blanche.

Revue de Paris (1918, 1922).

Économiste Français (1913, -14, -16, -19, -22).

Revue d'Économie Politique (1920, 1921).

La Houille Blanche, par LÉON JOUHAUX.

Les Industries Électriques d'hier et de demain, par
M. SOUBRIER.

Technique de la Houille Blanche, par PACORET.

Journal Officiel (Documents parlementaires n^{os} 2328
(1916) et 5561 (1919).

L'Aménagement du Rhône (Thèse, Lyon 1919) par
BORDEAUX.

Loi sur l'utilisation de l'énergie Hydrolique (Thèse,
Paris 1919), par GUILHOU.

L'Électricité en Agriculture, par GIRARD.



TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	1
INTRODUCTION	7
CHAPITRE I. — Historique	9
Avant la guerre	11
Pendant la guerre	12
Après la guerre	18
CHAPITRE II. — Caractère de l'Industrie hydro-électrique ...	21
Production étroitement liée à la consommation	21
Variations de l'offre et de la demande suivant les saisons	
Échappe à la spécialisation industrielle	25
Disposition à la concentration	31
CHAPITRE III. — Les réalisations	35
Richesse hydraulique de la France	35
Richesse exploitée	41
Les grands projets	45
Répartition de la force entre les différentes industries...	52
Capitaux engagés	73
Législation	75
CHAPITRE IV. — Les possibilités	95
Peut-on prévoir une extension de l'industrie hydro- électrique ?	96
Concurrence de la houille noire et de la houille blanche	129
CONCLUSION	137

PARIS,

IMPRIMERIE-RELIURE VERTONGEN

50, RUE SAINT-LAZARE

